

Der Beitrag Hugo von Mohls
zur Entwicklung der Zellenlehre

Klaus-Peter Müller

*Ass
München
1974*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Geschichte der Medizin
der Universität München
Direktor: Prof. Dr.med. Dr.med. h.c. Heinz Goerke

DER BEITRAG HUGO VON MOHLS
ZUR ENTWICKLUNG DER ZELLENLEHRE

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Klaus-Peter Müller
aus Wetzlar

1984

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr.med. Dr.med. h.c. H. Goerke

Mitberichterstatter:

Dekan: Prof. Dr.med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 10.4.1984

DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090



DR. HUGO VON MOHL.

Professor der Botanik in Tübingen

"J'aime mieux un Leeuwenhoek
qui me dit ce qu'il voit,
qu'un Cartésien, qui me dit
ce qu'il pense. Il est pour-
tant nécessaire de joindre le
raisonnement aux observations."

VORWORT.

Während Hugo von MOHL bereits in den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts unbestritten zu den führenden Botanikern Deutschlands zählte,¹⁾ und der bleibende Wert eines großen Teiles seiner wissenschaftlichen Arbeit für die Botanik keinem Zweifel unterliegt, ist die Bedeutung seiner Leistungen für die Entwicklung der Zellenlehre, insbesondere unter dem Aspekt ihrer Wirkungsgeschichte in der Medizin, bisher nur unzureichend gewürdigt worden.²⁾ Dabei trugen die Arbeiten MOHLS nicht nur in allgemeiner Weise zur Herausbildung der Zellenlehre bei, sondern sie beeinflussten in ganz wesentlichen Punkten auch die Auffassungen über Bau und Funktion der Zellen des menschlichen Organismus. Die vorliegende Arbeit stellt den Versuch dar, die Einzelergebnisse unter bestimmten Gesichtspunkten zusammenfassend darzustellen, kritisch zu würdigen und in den historischen Kontext einzuordnen. Dazu wurden in größerem Umfange auch bisher überwiegend nicht publizierte handschriftliche Quellen³⁾ herangezogen, die zu einer Reihe neuer Erkenntnisse führten.

An dieser Stelle darf ich all denen Dank sagen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Ganz besonderen Dank schulde ich hierbei meinem verehrten Doktorvater, Herrn Prof. GOERKE, der den Gedanken zu dieser Arbeit bereitwillig aufgriff und sie mit stets förderndem Interesse bedachte. Nützliche Hinweise für meine Arbeit verdanke ich den Herren Dr. DOBAT, Prof. BÜNNING, Prof. FICHTNER und ganz besonders Herrn Prof. MÄGDEFRAU, der mich bei meinen Recherchen in der entgegenkommendsten Weise

unterstützt hat. Viele andere, insbesondere die Mitarbeiter der zahlreichen Bibliotheken, Archive und Institute, die mir bei meinen Arbeiten, teils in überaus zuvorkommender Weise, behilflich waren, schließe ich an dieser Stelle in meinen Dank ein.

Hinweis:

Hochgestellte Zahlen verweisen auf die Anmerkungen, Zahlen in Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis. Das Motto ist einem Brief von G.W. LEIBNIZ an Chr. HUYGENS entnommen. Das Portrait, die Wiedergabe einer im Besitze des Tübinger botanischen Institutes befindlichen Lithographie, zeigt MOHL im Jahre 1843.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Biographie Hugo von Mohls	1
Einleitung	7
Die Beiträge zur Zellenlehre:	
Die Zelle als Grundbaustein	14
Die Zellwand	27
Der Zellinhalt	39
Die Entstehung der Zelle	53
Mohl und Schleiden	67
Der geschichtliche Rahmen	73
Zusammenfassung	77
Anmerkungen	80
Verzeichnis der verwendeten Literatur:	
Personalbibliographie Mohls	95
Sonstige Literatur	96
Handschriftliche Quellen	101
Anhang:	
Quellentexte	103
Abbildungen	127
Lebenslauf	132

KURZE BIOGRAPHIE⁴⁾ HUGO v. MOHLS.

Hugo MOHL wurde am 8. April 1805 als vierter von fünf Brüdern in Stuttgart geboren. Sein Vater, Benjamin Ferdinand von MOHL (1766-1845), ein Enkel des berühmten Staatsrechtlers Johann Jakob MOSER (1701-1785), Zögling und später für kurze Zeit Lehrer der Rechtswissenschaften an der hohen Carlsschule in Stuttgart, bekleidete als hoher Staatsbeamter verschiedene Ämter. Zeitweilig leitete er das Ministerium des Inneren und des Kultus. Auch die Mutter Louisa Friederika, geborene AUTENRIETH, entstammte einer bekannten Familie. Sie war die Tochter des württembergischen Finanzministers und Schwester des berühmten Tübinger Mediziners und langjährigen Kanzlers der Universität Johann Heinrich Ferdinand von AUTENRIETH (1772-1835).

Hugos ältester Bruder Robert (1799-1875), Staatsrechtslehrer an den Universitäten Tübingen und Heidelberg, bekleidete verschiedene hohe politische Ämter; unter anderem war er 1848 Justizminister der Reichsregierung und später Präsident der Badischen I. Kammer. Seine Tochter Anna wurde später die zweite Frau von Hermann von HELMHOLTZ. Julius (1800-1876), der zweitälteste und einzige in der Familie, mit dem Hugo einen ausgedehnten Schriftwechsel führte, lebte seit 1823 in Paris, wo er 1841 Sekretär der Société asiatique wurde und seit 1847 eine Professur am Collège de France innehatte. Er galt als führender Orientalist seiner Zeit und machte sich vor allem durch seine von der Akademie herausgegebene Übersetzung von Ferdozis "Schah nameh" einen Namen. Der dritte, Moritz (1802-1888), lebte als Nationalökonom in Stuttgart; er war lange Zeit Mit-

glied der württembergischen Kammer und des Reichstages. Eduard (1818-1845), der jüngste, hatte Philosophie studiert und ausgedehnte Reisen unternommen. Nach seiner Rückkehr nach Tübingen, wo er sich habilitieren wollte, setzte er aus unbekanntem Grunde für alle überraschend seinem Leben selber ein Ende.

Bereits während seiner Gymnasialzeit in Stuttgart zeigte Hugo MOHL ein ausgeprägtes Interesse an den Naturwissenschaften,⁵⁾ wobei ihm auch ein nicht zu verkennendes mathematisches Talent zustatten kam. So hat er etwa schon zu jener Zeit EULERS Optik "mit vollem Verstande studiert". Seine besondere Vorliebe galt allerdings damals bereits der Botanik. Die auf häufigen Exkursionen ins Sindelfinger Torfmoor oder in Begleitung des Ellwanger Medizinalrates FRÖHLICH in der dortigen Umgebung gesammelten Pflanzen - vornehmlich Kryptogamen - untersuchte der Schüler mit Präparierlupe und Mikroskop.

Von 1823 an studierte er in Tübingen Medizin, wo er 1828 mit einer von ihm selber⁶⁾ angefertigten Dissertation promovierte und im August sein Examen mit hervorragenden Noten⁷⁾ ablegte. Den Herbst des Jahres verbrachte er bei den Eltern in Ellwangen, wohin jene 1819 übersiedelt waren, wo er sich wieder mit verschiedenen phytotomischen Studien beschäftigte. Anschließend reiste er nach München, wo er im Auftrage der Akademie während der folgenden zwei Jahre einen Teil des von SPIX und MARTIUS aus Brasilien mitgebrachten botanischen Materials bearbeitete. Insbesondere die dabei entstandene Palmenanatomie (3) stellte für die Phytotomie jener Zeit ein beispielhaftes Werk dar und begründete wesentlich

MOHLS frühen Ruhm.⁸⁾ In München fand MOHL Kontakt zu mehreren bedeutenden Männern, von denen ihn besonders mit STEINHEIL und ZUCCARINI eine herzliche Freundschaft verband. Stets wiederkehrend findet sich in seinen Selbstzeugnissen die Sehnsucht nach München, wohin auf Dauer zurückzukehren ihm nicht vergönnt sein sollte.

Durch Vermittlung von MARTIUS war ihm 1831 vom Direktor des botanischen Gartens in Petersburg die nicht schlecht dotierte Stelle des 1. Adjunkten angeboten worden. MOHL scheint den Gedanken, jene Stelle anzutreten, ernsthaft erwogen zu haben und hielt bereits das Ernennungsdekret in Händen, als er Ende 1832 einen Ruf an die Akademie in Bern erhielt, wo er am 1. April 1833 seine Stelle antrat. Bereits zwei Jahre später wurde er als Nachfolger SCHÜBLERS nach Tübingen berufen, wo er bis zu seinem Ende blieb, mehrere Berufungen - darunter auch einen Ruf nach Berlin - ausschlagend. MOHL wurde zu einem der führenden Botaniker seiner Zeit; die Mitgliedschaft oder Ehrenmitgliedschaft zahlreicher wissenschaftlicher Vereinigungen wurde ihm angetragen, so, um nur einige zu nennen, des Institutes der Niederlande, des Institut de France, der Akademien in Stockholm, Turin, Wien, Berlin und München. 1844 wurde MOHL zum Ritter des Ordens der württembergischen Krone erhoben, womit die Verleihung des Personaladels verbunden war.

In insgesamt 90 Schriften, überwiegend in Form von Dissertationen und Artikeln in Fachzeitschriften, hat MOHL die Ergebnisse seiner wissenschaftlichen Arbeit niedergelegt; ein lange geplantes, umfassendes Werk der Pflanzenanatomie und -Physiologie wurde

zwar noch begonnen, blieb jedoch unvollendet. Die Art und Weise, in der MOHL bei der Abfassung seiner Schriften vorging, kann man nur akribisch nennen. Erst wenn er glaubte, ein Problem so gründlich wie irgend möglich untersucht zu haben, schritt er zur Publikation. Die Zeichnungen für die zahlreichen Abbildungen, die von einer solchen Qualität sind, daß man einen großen Teil davon noch heute unverändert abdrucken könnte, fertigte er stets selber an. Um sich darin noch weiter zu perfektionieren hat er in seiner Berner Zeit sich sogar im Malen und Zeichnen unterrichten lassen. Nachdem er diesen Plan schon lange verfolgt hatte, gelang ihm endlich 1843 die Gründung einer neuen Fachzeitschrift,⁹⁾ die über lange Zeit hin zu einem Hauptforum der wissenschaftlichen Auseinandersetzung und Erneuerung in der Botanik wurde.

Neben der Anatomie und Physiologie der Pflanzen war es vor allem die Mikroskopie, der MOHL sein Interesse zuwandte. Unter anderem konstruierte er eine Präparierlupe, eine Polarisationsvorrichtung für die Mikroskopie, schliiff selber Linsen und baute daraus eigene Mikroskope. Einen erheblichen Teil seines nicht ganz unbeträchtlichen Vermögens investierte MOHL in seine Mikroskope, von denen er immer die jeweils besten besaß, die Bibliothek¹⁰⁾ und in den Ankauf von Herbarien. Mit Eifer widmete er sich auch der Verbesserung und dem Aufbau der Sammlungen der Fakultät. Der botanische Garten,¹¹⁾ in dem ihm 1846 ein großzügiges Haus zum Wohnen und Arbeiten errichtet wurde, verdankte seine Vergrößerung und Neugestaltung allein MOHLS Initiative.

Obzwar MOHL vollkommener Autodidakt¹²⁾ in allen von

ihm betriebenen Wissenschaftszweigen war und er sich öfters über die zeitraubende "Schulmeisterei" beklagte, hat er auf die Ausarbeitung und den Vortrag seiner Vorlesungen große Mühe verwandt, was ihm - neben seinem Ruf - eine ungewöhnlich große Zahl von Höhern bescherte. Auch um die Organisationsform der wissenschaftlichen Anstalten kümmerte er sich. Schon in Bern hatte er wesentlichen Anteil an der Umgestaltung der Akademie in eine Universität. In Tübingen war es wesentlich sein Verdienst, daß 1863 nach vierjährigem Tauziehen dort die erste naturwissenschaftliche Fakultät¹³⁾ Deutschlands eröffnet wurde, der er als ihr erster Dekan vorstand.

Während MOHL, obschon kein allzu großer Freund gesellschaftlicher Vergnügungen, zumindest in München, Bern und den ersten Tübinger Jahren doch ein gewisses Maß an geselligem Umgang pflegte, lebte er in späteren Jahren eher zurückgezogen im kleinen Kreise und nach festen Gewohnheiten. Geheiratet hat er nicht. Er war stets von direkter Art, voller Lust an Spott und Ironie gegen sich und andere; seine scharfe Feder war bei seinen Gegnern gefürchtet. Im Verlaufe seines Lebens hat er zahlreiche Reisen unternommen, vor allem in den Schwarzwald, die Schweiz, nach Südtirol und Italien, welches er in ganz besonderer Weise liebte, und wo er Kontakte zu bedeutenden Fachkollegen hatte. Zu einer Tropenreise, die er gar zu gerne unternommen hätte, fehlte ihm die Gelegenheit. Es verwundert nicht, daß Reisebeschreibungen seine Lieblingslektüre darstellten. Nützlich wurde ihm nicht nur für seine Reisen sondern auch für seine Korrespondenz und das Studium der Fachliteratur, das er wie kaum ein anderer betrieb, sein Sprachtalent. Neben den alten Sprachen

beherrschte MOHL nicht nur Englisch und Französisch sondern erwarb sich auch bald gute Italienischkenntnisse. In vorgerückten Jahren bemühte er sich noch mit Erfolg, Schwedisch zu erlernen.

Zum Teil unternahm MOHL die Reisen auch, um seine angegriffene Gesundheit wiederherzustellen. Schon in jungen Jahren litt er häufig unter recht hartnäckigen Erkrankungen der Atmungsorgane, zu denen sich in späteren Jahren mehrfach gastrointestinale Erkrankungen, wiederholt einhergehend mit Gelbsucht, gesellten. Doch durfte er sich in seinen letzten Jahren einer stabileren Gesundheit erfreuen. Im Mai 1871 erlitt er einen leichten Schlaganfall, der jedoch folgenlos vorüberging. In der Nacht zum 1. April 1872 starb Hugo von MOHL überraschend einen friedlichen Tod.

Seine endgültige Ruhe sollte er damit jedoch noch nicht gefunden haben: das Grab auf dem alten Tübinger Friedhof wurde 1902 von der Friedhofsverwaltung freigegeben und 1905 neu belegt. Auf Intervention von Universitätsangehörigen wurde im folgenden Jahr der neu eingesenkte Sarg zugleich mit den Überresten MOHLS exhumiert. Nach deren Untersuchung¹⁴⁾ durch FRORIEP im anatomischen Institut wurden sie neuerlich bestattet und der unbeschädigt erhaltene Grabstein an seiner vormaligen Stelle wiedererrichtet.

EINLEITUNG.

MOHL war, wie die Mehrzahl seiner Fachgenossen - auch der vorangegangener Jahrhunderte- Mediziner.¹⁵⁾ Er war im Besitze der Approbation, zeitweise Dekan der Tübinger Medizinischen Fakultät, hat diesen Beruf jedoch, anders als etwa UNGER, MEYEN oder L.C. TREVIRANUS, niemals ausgeübt.¹⁶⁾ Sein Studium hatte er mit dem erklärten Ziel begonnen, sich ganz der Botanik zu widmen. Dies bezeugen unter anderem seine erste, noch während des Studiums entstandene Arbeit und die Dissertation. Dennoch hat er keineswegs versäumt, sich auch in den medizinischen Fächern gründliche Kenntnisse anzueignen, wie seine Beurteilungen im Examen¹⁷⁾ zeigen.

Interessanterweise beziehen sich die von MOHLS Onkel AUTENRIETH als Präses verfaßten 24 Thesen ("Medizinisch-chirurgische Sätze"), die der Dissertation angeheftet sind, vor allem auf das Thema Krebs und Krebsentstehung,¹⁸⁾ ein Gebiet, das im Lichte der Zellulärpathologie später VIRCHOWS Aufmerksamkeit in hohem Maße auf sich ziehen sollte, und das gerade heute im Lichte der neueren Erkenntnisse über Bau und Funktion der Zelle sich eines besonderen Interesses erfreut.

Obwohl MOHL auf sehr verschiedenen Gebieten Bedeutendes geleistet hat, nehmen doch seine phytotomischen Arbeiten nach Umfang und Bedeutung den ersten Platz ein und begründeten schon in jungen Jahren seinen überragenden Ruf. Seine darin enthaltenen Forschungen über den Bau und die Entstehungsweise der Pflanzenzellen legten mit das Fundament für die Zellenlehre, die der wissenschaftlichen Botanik, Zoologie

und Medizin eine neue Basis gab.

MOHL hat, obwohl mit Fragen der menschlichen und tierischen Histologie vertraut, sich in seinen Arbeiten ganz auf die Botanik beschränkt, worin er unter den Botanikern seiner Zeit keine Ausnahme machte. Doch befaßten sich Vertreter der menschlichen und tierischen Anatomie und Physiologie in ihren Abhandlungen durchaus auch mit der Botanik. Als Beispiel seien hier PURKINJE, mehr noch dessen Schüler und Nachfolger auf MOHLS Berner Lehrstuhl, VALENTIN oder BRÜCKE genannt. Gerade die Mediziner haben im vergangenen Jahrhundert noch bis weit über dessen Mitte hinaus in der Botanik den Vorreiter¹⁹⁾ auf dem Gebiet der Zytologie gesehen. In der Tat wurden grundlegende Entdeckungen, an welchen gerade MOHL besonderen Anteil hatte, wie die der Zelle als alleinigem Grundbaustein des Organismus oder der Entstehung und Vermehrung der Zellen durch Teilung zuerst auf jenem Gebiete gemacht.

Auch SCHWANN begründete seine Zellentheorie der tierischen Gewebe ganz auf der von ihm behaupteten vollkommenen Übereinstimmung mit den bei den Pflanzen beschriebenen Verhältnissen. Ein schwerwiegendes Problem ergab sich jedoch aus der Tatsache, daß ein der Zellwand der Pflanzenzelle wirklich analoges Gebilde bei den tierischen Zellen nicht nachzuweisen war, diese jedoch ein konstituierendes Element der Zelle zu bilden schien. Der Weg aus dem Dilemma wurde durch MOHLS Untersuchungen über die Eigenschaften des Zellinhaltes eröffnet. In ihm, insbesondere in der eiweißhaltigen, nicht wasserlöslichen Substanz, der er den Namen "Protoplasma"²⁰⁾ gab, erkannte er das aktive Substrat aller Lebenserscheinungen der

Zelle, wogegen die Zellwand nur mehr als sekundäre Bildung erschien, die ihre Entstehung dem Protoplasma verdankt.

Diese entscheidende Erkenntnis, vor allem aber die Einsicht, daß der Inhalt der tierischen Zellen prinzipiell in seinen wesentlichen Eigenschaften und seiner Funktion identisch ist mit dem Protoplasma der Pflanzenzelle, setzte sich jedoch nur sehr zögernd durch. Das Verdienst, dies erstmals deutlich und mit aller Konsequenz ausgesprochen zu haben, gebührt ganz unbestritten Max J.S. SCHULTZE. Er gelangte dadurch zu einer Neudefinition der Zelle, die den Bedürfnissen einer allgemeinen Zytologie vollkommen gerecht wurde und lange Bestand hatte. In seinen einschlägigen Publikationen²¹⁾ beruft er sich dabei ausdrücklich auf MOHL, dessen Arbeiten er die entscheidenden Impulse für seine Schlußfolgerungen verdankte.

Die Aufnahme der Zellenlehre in der Medizin führte hier auf den verschiedensten Gebieten, wie etwa der Histologie oder der Embryologie, geradezu zu einer Umwälzung der Auffassungen. Ganz besonderen Einfluß übte sie auf die Vorstellungen vom Wesen und der Entstehung der Krankheiten aus, wo die von VIRCHOW begründete Zellulärpathologie, "einem der wichtigsten Marksteine in der Entwicklung der modernen Medizin",²²⁾ endgültig die Reste der überkommenen Humoralpathologie aus dem Felde schlug. Der bereits von UNGER 1840 in seinem Widmungsbrief²³⁾ an Lucas SCHÖNLEIN ausgesprochene Gedanke, die Pflanzenpathologie möge ein einfaches Modell für die Humanpathologie abgeben, scheint auch bei VIRCHOW auf. In seiner "Cellulärpathologie" von 1858 äußert er: "Auch

der Patholog gewinnt durch die Kenntnis der botanischen Vorgänge die wertvollsten Anknüpfungspunkte für das Verständnis der Krankheiten." und gibt dort sogar Beispiele für Parallelen.²⁴⁾

MOHL selber hat einen gerade unter diesem Aspekt interessanten Beitrag zur Pflanzenpathologie²⁵⁾ geliefert. Ausgehend von Margate im Jahre 1845 hatte der Mehltau innerhalb kurzer Zeit die Rebkulturen zahlreicher Europäischer Länder befallen und schwere Schäden angerichtet. In der Schweiz kam Hugo MOHL im Jahre 1851 erstmals in Kontakt mit dieser Krankheit, die er in den Jahren bis 1854 wiederholt in Murano, Bozen und Meran studierte. In seinen in dieser Zeit entstandenen Abhandlungen beschreibt er eingehend die Morphologie des Erregers *Oidium tuckeri* und erkennt in ihm die Konidienform einer Erisyphe. Vor allem jedoch gelangte er zu der entscheidenden Erkenntnis, daß der Pilz nicht die Folge, sondern die Ursache der Erkrankung darstellt, womit er gegen die meisten anderen Beobachter, darunter auch AMICI, stand. Mit klaren Argumenten, wie: der Befall erfolgt stets von außen, der Pilz siedelt sich regelmäßig zuerst auf der Epidermis an, die er durch seine von außen in sie eindringenden Haftorgane zerstört, wobei der Befall sich immer auf die äußeren Schichten beschränkt, vor allem jedoch, daß die befallenen Pflanzen und Pflanzenteile zuvor keinerlei Krankheitszeichen aufweisen, vertritt MOHL eine Infektionstheorie,²⁶⁾ wobei er die Verbreitung durch Sporen vermutet. Mit diesen Arbeiten hat MOHL wesentlich mitgewirkt an der Überwindung von quasi humoralpathologischen Vorstellungen, die in der Pflanzenpathologie bis zu jenem Zeitpunkt noch einen starken Einfluß besaßen.²⁷⁾ In

der Medizin sollte sich die Infektionstheorie erst sehr viel später endgültig durchsetzen. Zwar hatte bereits SCHÖNLEIN 1840 das Achorion (später Trichophyton) S. als Ursache des "Erbgrindes" erkannt, hatte HENLE zu gleicher Zeit seine vorausschauenden Gedanken über Kontagiosität formuliert, doch erst die Arbeiten KOCHS in den siebziger Jahren verhalfen dieser Auffassung zum Durchbruch, wobei es gerade wieder ein Botaniker war, der KOCH die erste Möglichkeit zur Darstellung seiner Ergebnisse verschaffte.²⁸⁾

Ein ganz anderes Moment hat, über die wissenschaftlichen Einzelergebnisse hinaus, den Fortschritt der Medizin im vorigen Jahrhundert befördert: die Überwindung der zu Anfang jenes Jahrhunderts in Deutschland vorherrschenden Naturphilosophischen Auffassungen und - damit einhergehend - die Verbreitung der neueren Methoden der Naturwissenschaft in der Medizin. MOHL hat zu beidem beigetragen. Er war ein unbedingter Verfechter der induktiven Methode in den Naturwissenschaften, ein Feind zügelloser Spekulation und voreiliger Verallgemeinerung, der nur die genaue Beobachtung und das exakte, in seinen Ergebnissen reproduzierbare Experiment zuließ und forderte, alle Schlüsse allein darauf zu gründen. Dies heißt jedoch keineswegs, daß er nicht über den Rahmen des Beobachteten hinausgedacht hätte.²⁹⁾ Doch vermied er es meist, weitreichende Schlüsse an Einzelergebnisse zu knüpfen.

Über die Naturphilosophie äußerte er sich stets nur sarkastisch.³⁰⁾ An ROEPER³¹⁾ schrieb er etwa, er glaube, "es sei gescheiter, ich wende meine Zeit an solche Schriften, aus denen ich erfahre, wie unser Herr Gott die Welt eingerichtet hat, statt dass man

von den Naturphilosophen nur hört, wie sie die Welt eingerichtet hätten, wenn sie dabei etwas zu sagen gehabt hätten." Noch in seiner Rede zur Eröffnung der Tübinger naturwissenschaftlichen Fakultät (9) spricht er von dem "tödtlichen Einfluss der Naturphilosophie auf die Naturforschung", durch den über die Naturwissenschaften in Deutschland geradezu "ein neues Mittelalter hereinbrach."

Allerdings hinderte ihn dies nicht, die wissenschaftlichen Erkenntnisse auch derer, die mehr oder weniger starke Sympathien für die Naturphilosophie zeigten, ganz unvoreingenommen zu prüfen. Auch seiner persönlichen Haltung tat dies in vielen Fällen keinen Abbruch. So hat er etwa mit UNGER, trotz naturphilosophischer Eskapaden in dessen Anfangsjahren, in überaus freundschaftlichem Verhältnis gestanden. Auch auf Alexander BRAUN hat er stets große Stücke gehalten. Weniger gut zu sprechen war MOHL allerdings auf AGARDH oder OKEN, die er schlicht als "Narren" tituliert.³²⁾ Auch da, wo er renommierte Kollegen von naturphilosophischer Seite in unwürdiger Weise angegriffen sah, äußerte er sich drastisch:³³⁾ "Da wird es mir ganz übel, wenn einer meint, ein Deutscher dürfe auf Jussieu u. R. Brown mit Verachtung hinabsehen, weil sie nicht an der kauderwelschen, deutschen Naturphilosophie gross gesäugt sind. Da wollen wir im Gegentheile Gott dafür danken, dass solche verbrannte Gehirne nicht überall Lärm schlagen dürfen."

Während er nach Kräften bemüht war, im Rahmen seines Faches zur Erneuerung der wissenschaftlichen Methode beizutragen, förderte er zugleich die Einbeziehung von Erkenntnissen und Methoden verwandter

Disziplinen in das eigene Fach. Für ganz besonders wichtig hielt er auch die Integration der Methoden der naturwissenschaftlichen Fächer in die Medizin. Um deren Bedeutung herauszuheben, formuliert er an einer Stelle³⁴⁾ etwas zugespitzt, daß "die Medizin nichts anders, als eine zu speciellem Zwecke ausgebildete naturwissenschaftliche Doctrin ist und die Methode der übrigen Naturwissenschaften befolgt." Doch sieht er darin wohl selber eher das wünschenswerte Ideal, da er an gleicher Stelle mit Blick auf Preußen bitter beklagt, "daß noch in der neuesten Zeit die Mißachtung so weit gieng, daß es selbst für den Mediciner als völlig überflüssig erachtet wird, irgend ausreichende Kenntnisse in den Naturwissenschaften nachzuweisen, ein Umstand welcher ... sich an der wissenschaftlichen Ausbildung der preußischen Aerzte bitter rächen wird."

DIE ZELLE ALS GRUNDBAUSTEIN DES PFLANZLICHEN ORGANISMUS.

Während die Beschreibung zelliger Strukturen und auch der Begriff der Zelle bereits im Anfang der Phytotomie im 17. Jahrhundert zu finden sind, waren die damit verbundenen Vorstellungen doch noch weit von unseren heutigen entfernt. Wenn auch bereits zelluläre Strukturen an zahlreichen Pflanzengeweben beobachtet worden waren, so sah man in den Zellen noch keineswegs den allgemeinen und grundlegenden Baustein aller Pflanzensubstanz. Man erblickte in ihnen noch keine geschlossenen, isolierbaren Körper mit eigenständigen Funktionen sondern luft- oder safterfüllte Hohlräume einer kompakten Grundsubstanz. Solche Vorstellungen, die die Zellen quasi als Blasen in einer Art erstarrten Schaumes begriffen, tauchten bereits in den Anfängen bei GREW auf, später bei C.F. WOLFF und noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts bei MIRBEL.

Im Sinne der Faserlehre³⁵⁾, die während des 17. und 18. Jahrhunderts einen entscheidenden Einfluß auch auf die Pflanzenanatomie hatte, sollte das eigentliche Grundgerüst der Pflanzen, aus dem die Wandungen der Zellen gebildet sein sollten, eine Art von Fasernetz darstellen, eine Vorstellung, wie sie schon bei GREW und MALPIGHI auftaucht. Noch zu Beginn des 18. Jahrhunderts galt die Faser neben Zellen und Gefäßen als eigenständiger Grundbaustein der pflanzlichen Gewebe, wenn auch extreme, der Faserlehre entstammende Auffassungen keine allzu große Rolle mehr spielten: "Dass die Ansicht von Medicus, welcher glaubte, die ganze Pflanze bestehe nur aus soliden Fasern, die Oeffnungen, die man

auf dem Durchmesser sehe, seien nicht durchschnittne Gefäße, sondern die Zwischenräume zwischen den Fasern, durchaus falsch sei, daran zweifelt jetzt wohl Niemand mehr."³⁶⁾

MOHL bemühte sich von Anfang an mit Nachdruck, alle Überbleibsel der Faserlehre beiseite zu räumen. Gleich in seiner ersten Schrift von 1827 korrigiert er eine ganze Reihe unhaltbarer Theorien über pflanzliche Fasern. Er findet, daß die von LINK beschriebenen "Faserngefäße" stets einen zentralen Hohlraum besitzen und im Grunde nichts anderes darstellen als besonders lange Prosenchymzellen oder "Baströhren". Während etwa L.C. TREVIRANUS diese Bastzellen, obwohl er sie als hohl erkannte, immer noch der Benennung MALPIGHIS folgend als "Faser" apostrophiert, betont MOHL ihre Zellennatur und lehnt auch folgerichtig unter Hinweis auf verschiedene Übergangsformen eine Trennung vom Zellgewebe (Parenchym), wie sie MOLDENHAWER verfochten hatte, ab.

Nicht den mindesten Hinweis vermag er für jenes von MOLDENHAWER mit dem Namen "Zellgewebe" bezeichnete feine Netz, das die Parenchym- und Prosenchymzellen umspinnen sollte, zu finden und kann nur die Vermutung aussprechen, jener habe die mit Luft gefüllten Interzellulargänge in diesem Sinne fehlinterpretiert. Auch von einem anderen Fasersystem, das G.R. TREVIRANUS als eine Art durchgehenden Stützgerüstes gefunden haben wollte, konnte MOHL zeigen, daß es so nicht existiert: "Seine Abbildungen ... zeigen, dass er nichts anders vor sich hatte, als der Länge nach durchschnittne Bastzellen."

Aus aller vorangegangener Erkenntnis zieht er dann den Schluß: "Ausser der Spiralfaser giebt es in den Pflanzen keine einfache solide Faser." Daß die Spiralfaser hier noch eine gewisse Eigenständigkeit besitzt, erklärt sich daraus, daß in älteren Spiralgefäßen mit sehr dicht aneinanderliegenden Spiralen sich die äußerst dünne Primärwand mit den damaligen Beobachtungsinstrumenten neben der Spiralfaser, bei deren Abrollung sie leicht und vollständig zerreißt, nicht mehr nachweisen ließ.³⁷⁾ Dies führte zu der Auffassung, daß die Wand eines solchen Spiralgefäßes eben nur aus jener Faser bestehe, wie es MEYEN 1830³⁸⁾ formulierte: "Die Spiralfasern der Pflanzen dienen zur Bildung der Spiralröhren." Zu jenem Zeitpunkt hatte MOHL allerdings bereits den entscheidenden Schritt getan und gezeigt,³⁹⁾ daß derartige Fasern niemals als eigenständige Gebilde existieren, sondern daß es sich bei sämtlichen Arten von Fasern in Zellen oder Gefäßen um nichts anderes handelt, als "secundäre Schichten der Zellmembran".

Die jener Erkenntnis zugrunde liegende Theorie des Dickenwachstums der Zellwand hat sich, obgleich MOHL sie in kurzer Zeit klar und umfassend entwickelt hatte, gerade auch im Hinblick auf die "Faser" eher zögernd durchgesetzt. MEYEN, der 1830⁴⁰⁾ noch besonders hervorgehoben hatte, daß "in der Pflanze noch wahre Faserbildung vorkommt", äußert noch 1837 die Auffassung,⁴¹⁾ die Zellwände würden analog dem Spiralgefäß aus dicht gepackten Spiralfasern gebildet. In seiner Haarlemer Preisschrift⁴²⁾ vom folgenden Jahr erklärt er die Ringe und Spiralfasern in den Wasserzellen der Torfmoose für eigenständige Bildungen des Zellinhaltes, die anfangs ohne Bezug zur Zellwand seien und sich dieser erst

in ausgebildetem Zustande lose anlagerten. MOHL zeigte durch gründliche Untersuchungen⁴³⁾ sogleich die Unhaltbarkeit dieser Ansichten auf; ebenso erwiesen sich die von MEYEN als ganz eigene Art von Zellen herausgestellten Wurzelzellen einer tropischen Orchidee als nichts außergewöhnliches. Seinem Freund ROEPER teilte er mit: "Vielleicht interessiert es Dich zu wissen, was an der Stelis ist, von welcher MEYEN so viel spricht, bei welcher die Zellen aus Spiralfasern zusammengesetzt sein sollen, die nicht unter einander verwachsen sind. Es sind nichts weiter, als gewöhnliche Spiralfaserzellen, die verbindende Zellhaut ist dünn, u. M. hat sie übersehen; er hat mir ein Stückchen davon geschickt."⁴⁴⁾ Wie hartnäckig sich solche Vorstellungen von einer eigenständigen Bildung von Fasern im Zellinnern, die dann später mehr oder weniger mit der Zellwand verkleben sollten, hielten, zeigt sich auch etwa bei SCHLEIDEN noch im Jahre 1839.⁴⁵⁾

Die entscheidende Voraussetzung für die Begründung einer allgemeinen Zellenlehre war der Nachweis, daß durchweg in allen Organen und Geweben die Zelle allein das grundlegende Bau- und Funktionselement darstellt. Zwar finden sich bereits in der ersten Phase der Neubegründung der Phytotomie zu Beginn des 19. Jahrhunderts Beschreibungen von "Zellgeweben", doch waren jene Darstellungen noch weit davon entfernt, einen vollkommen zutreffenden und umfassenden Überblick über den Bau der Gewebe zu vermitteln. So wurde, um nur ein Beispiel anzuführen, die Epidermis von einigen Autoren in ihrem zelligen Aufbau nicht erkannt und als einfache Hautschicht aufgefaßt. Der entscheidende Fortschritt vollzog sich dann nach einer Periode der Latenz in den späten zwanziger und

dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts, wobei die wesentlichen Beiträge, durch welche erst eine eigentliche Pflanzenhistologie begründet wurde, von MOHL und MEYEN stammten. In seinen phytotomischen Abhandlungen, die in jenem Jahrzehnt in rascher Folge entstanden, gelang es MOHL dank seiner weit entwickelten Präparationsmethoden⁴⁶⁾ und seiner hervorragenden Beobachtungsgabe,⁴⁷⁾ den zelligen Bau der verschiedensten Pflanzengewebe außerordentlich detailliert und präzise zu beschreiben sowie in meisterhaften Abbildungen darzustellen. Schon MOHLS erste Schriften von 1827/28 zeigen ebenso wie die im Nachlaß befindlichen unpublizierten phytotomischen Skizzen⁴⁸⁾ vom Herbst 1828, wie exakt und systematisch MOHL eine Histologie der jeweiligen Pflanzen oder deren Teile zu geben suchte, wobei er ganz selbstverständlich vom Zellenbau ausgeht und eine Differenzierung anhand der jeweiligen morphologischen Merkmale der Zellen wie etwa Form, Größe, Wanddicke oder Zellinhalt zugrunde legt. Wie jene unveröffentlichten Manuskripte zeigen, tut er dies mit der gleichen Sorgfalt, die er an die Phanerogamen wendet, auch bei den Kryptogamen. Gerade dieses besondere Interesse für die Kryptogamen hat MOHL dann auch zu so entscheidenden Entdeckungen wie der Zellteilung oder des Protoplasma hingeführt.

Sehr früh hat MOHL in der Darstellung des Zellenbaues der Pflanzengewebe eine gewisse Stufe der Meisterschaft erreicht. So nennt MÄGDEFRAU⁴⁹⁾ auch seine Palmenanatomie eine "musterhafte, bis heute noch unübertroffene Abhandlung." Neben umfassenden phytotomischen Arbeiten wie dieser hat MOHL sein Interesse immer wieder speziellen Bildungen, wie etwa den Stomata,⁵⁰⁾ den Lenticellen,⁵¹⁾ dem Bau

des Bastes⁵²⁾ und der Rinde⁵³⁾ zugewandt, ihren Aufbau aus den entsprechenden Zelltypen beschrieben und, wie etwa bei den Lenticellen, häufig vollständig aufgeklärt. Auch im Hinblick auf den komplexen Bau der Rinde der Dikotylen gelang ihm dies, wobei er zeigte, wie und aus welchen Zellschichten sich Kork und Borke bilde. Bei diesen Untersuchungen muß sich MOHL auch intensiv mit dem Kambium befaßt haben, was aus seinen Ausführungen⁵⁴⁾ von 1837 erhellt:

"Das Cambium wurde häufig für eine ausgeschwitzte Flüssigkeit gehalten, die zwischen Holz und Rinde ergossen werden, und diese völlig trenne. Dies ist unrichtig, indem man das Cambium organisirt findet, und dasselbe nichts weiter ist, als die jüngste Holz- und Bastische." Zu dieser Erkenntnis von der durchgängigen zellulären Beschaffenheit des Kambiums vorzustoßen war auch für einen geübten Beobachter alles andere als einfach. Noch zwei Jahre später trug MIRBEL⁵⁵⁾ eine abweichende Auffassung vor, die erst durch UNGERS Preisschrift⁵⁶⁾ von 1840 korrigiert wurde.

Die Frage liegt nahe, warum MOHL seine so wichtigen Resultate über diesen Gegenstand, die er offensichtlich bereits 1837 in Händen hatte, nicht sogleich publizierte. Der entscheidende Grund lag wohl darin, daß ihm die Hinweise, die er für die Zellteilung als Art der Zellbildung im Kambium gefunden hatte, noch nicht vollkommen beweisend erschienen, und er sich zu diesem Thema erst äußern wollte, wenn er jene Kernfrage ohne jeglichen Zweifel beantworten zu können glaubte. Die Bedenken UNGERS, der sich auch der Verwirrung stiftenden Zellbildungstheorie,⁵⁷⁾ die SCHLEIDEN 1838 propagierte, vollkommen zu entziehen vermochte, waren dabei ungleich geringer.

MOHL kam erst 1858 in einer Abhandlung⁵⁸⁾ über die verschiedenen Formen des sekundären Dickenwachstums, worin er vor allem Kritik an SCHLEIDENS komplizierter und in Teilen unzutreffender Theorie übt, explizit auf das Kambium zurück. Er gibt dabei eine einfache und klare Übersicht über die Formen der Ausdifferenzierung des "Urparenchyms" und betont im Hinblick auf die von SCHLEIDEN immer noch hartnäckig vertretene Blastemtheorie, "dass auch das jüngste Gewebe bei irgend sorgsamer Untersuchung niemals eine auch nur scheinbar homogene Masse bildet, sondern dass seine Zusammensetzung aus Zellen immer deutlich zu erkennen ist."

Noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts schien in den Gefäßen der höheren Pflanzen neben den "Fasern" und den Zellen ein weiteres ganz eigenständiges Bauelement zu existieren. Den ersten deutlichen Hinweis⁵⁹⁾ auf deren mögliche Abstammung von Zellen gab L.C. TREVIRANUS 1806: "An allen punktierten Gefäßen wird man von aussen schiefe doppelte Queerstriche oder Queerstreifen von geringer Breite gewahr, an welcher Stelle die Röhre zugleich etwas eingedrückt ist, und so den Schein eines gegliederten Baues bekommt." Er interpretiert diese bereits von LEEUWENHOEK gemachte Beobachtung als eine Art von Faserring und führt dann aus: "Wenn die gegüpfelten Gefäße noch in der Entstehung aus aneinander gesetzten Schläuchen begriffen sind, wovon bald geredet werden soll, so scheinen in den gedachten Queerstrichen wirkliche Dissepimente sich zu befinden." Da er in den fertig ausgebildeten Gefäßen keinerlei Scheidewände zu entdecken vermochte, spricht er die Vermutung aus: "Die Scheidewände, welche an eben diesen Stellen der Natur der

Sache nach ursprünglich vorhanden seyn müssen, verschwinden vermuthlich ..." Dabei nimmt er an, daß hier eine Resorption der Zellwand in ähnlicher Weise erfolgen könnte, wie sie VAUCHER kurz zuvor bei der Kopulation von Algenzellen beobachtet hatte.

Bei der Untersuchung des Sassafrasholzes und der Turbethwurzel findet auch MOHL die Spiralgefäße deutlich gegliedert. Er sieht an der Übergangsstelle, wie zuvor schon TREVIRANUS und MOLDENHAWER "zwei nebeneinanderliegende Fäden deren Trennung durch einen schwarzen Strich angedeutet ist", und vermutet, sie bestünden "wahrscheinlich aus den 2 Ringen, in welche sich jedes Stück eines Spiralgefäßes endigt." Scheidenwände vermag er gleichfalls nicht zu entdecken, hält es aber für möglich, daß, "wie Treviranus glaubt ..., die Queerwände erst später ... verschwinden würden, was aber erst noch durch genaue Beobachtung nachgewiesen werden müßte."

Eben diesen Nachweis führt er dann in aller Ausführlichkeit in seiner Palmenanatomie.⁶⁰⁾ Dort gibt er an, daß "die Verbindungsstelle zweier Gefäßschläuche in manchen Fällen ... dadurch bezeichnet ist, dass jeder Schlauch sich in einen breiten Ring endigt ... Wenn die Schläuche mittelst solcher Ringe aneinander stoßen, so öffnen sie sich frei ineinander. In andern Fällen dagegen ... zeigen sich an den Verbindungsstellen der Schläuche keine solchen Ringe, dagegen finden sich in diesen Fällen Scheidewände." Die Existenz dieser horizontalen Scheidewände, die er über hundertfach an Mono- und Dikotyledonengefäßen gesehen hatte, stand er denn auch nicht an, obgleich sie bisher "von allen Phytotomen durchaus geläugnet worden" war, "auf das bestimmteste zu behaupten." Und weiter: "Diese Scheidewände weichen

von den übrigen Membranen der Pflanzen durchaus ab, indem sie von einem Netz von dicken Fasern, welche grosse Oeffnungen zwischen sich lassen, gebildet sind ... Die Oeffnungen sind in der Regel wirkliche Oeffnungen, nur selten ist eine dünne Haut über dieselben ausgespannt ... Die Fasern der Scheidewand sind doppelt ... Der Verlauf der netzartigen Fasern stimmt in den aneinanderliegenden Platten der Scheidewand nicht immer ganz überein, wesshalb oft ein Teil der einen in die Oeffnung der andern Platte hervorragt." An den großen Gefäßen von *Tamus Elephantipes* u.a. "geht meistens die ursprüngliche zarte Membran in den Maschen des Fasernetzes zugrunde."

Die in diesem Zitat aus MOHLS weit ausführlicherer Darstellung herausgehobenen wesentlichen Punkte lassen gar keinen anderen Schluß zu, als eben den, daß die Gefäße sich durch Resorption ihrer Querwände aus anfangs geschlossenen, langgestreckten Zellen entwickeln. Im Bewußtsein, dies in aller Deutlichkeit demonstriert zu haben, hält es MOHL an jener Stelle auch gar nicht mehr für notwendig, diesen Schluß *expressis verbis* anzuführen.⁶¹⁾

Bei der Beschreibung des Zellenbaues der einzelnen Gewebe wurden zugleich die verschiedenen Zellformen genauer erkannt und beschrieben. Auf diese Weise hat MOHL wesentlich zur näheren Kenntnis der verschiedenen Arten von Gefäßen, der Spiralfaserzellen, porösen Zellen, Collenchymzellen und anderer beigetragen. Während er dabei auf der einen Seite durch genaueste Beobachtung auch feinsten Unterschiede einzelne Zelltypen so weit als möglich zu differenzieren suchte und die ganze Vielfalt der Erschei-

nungsformen der Zelle herausstellte, so vermochte er andererseits durch den Hinweis auf Übergangsformen oder analoge Bildungen immer wieder die grundlegenden Gemeinsamkeiten aufzufinden.⁶²⁾ Dies gelang ihm nicht zuletzt deshalb, weil er immer wieder so weit als möglich sein Augenmerk auf die Art und Weise der Entstehung und Herausbildung der einzelnen Zellarten richtete. Dadurch war es ihm möglich, auf den ersten Blick recht unterschiedlich anmutende Zellen auf wenige Grundtypen zurückzuführen, wie etwa den der "Spiralfaserzellen", unter dem sich so verschiedene Zellen wie die Wasserzellen der Torfmoose, die Faserzellen des Markparenchyms verschiedener Phanerogamen oder die Endotheciumzellen der Antheren zusammenfassen ließen. Die Erarbeitung dieser beiden Aspekte, das Aufzeigen des Formenreichtums der Zelle anhand einer Fülle sorgfältig bearbeiteten empirischen Materials einerseits und andererseits deren Reduktion auf die wesentlichen Grundprinzipien, die den Begriff bestimmter Zelltypen und zuletzt den der Zelle selber ausmachen, lieferten tragende Säulen für eine allgemeine Zelltheorie. MOHL vermochte das eine wie das andere.

Die Frage nach den Mechanismen, die jene faszinierende Formenvielfalt hervorbringt, hat MOHL von Anfang an bewegt. Ebenso wenig wie die Annahme eines "Bildungsstriebes", der über den Begriff hinaus eigentlich nichts vermittelte, vermochten ihm rein deduktive Ableitungen eine befriedigende Antwort zu vermitteln. Sein deutliches Mißvergnügen daran äußerte⁶³⁾ er einmal wie folgt: "Der Aufsatz von Heis verdient in der Tat nicht gelesen zu werden, anstatt zu untersuchen, welche Formen die Zellen haben, untersucht er, welche Form sie annehmen, wenn sie wie

Kanonenkugeln übereinandergelegt werden, und da kommt natürlicherweise das Rhombendodecaeder heraus, was uns Kieser schon mehrmals vorschwatzte." MOHL konstatierte, daß die beobachteten Verhältnisse nur im Falle der parenchymatischen Zellen näherungsweise mit einer solchen Theorie in Einklang zu bringen waren, daß jedoch der Ausgangspunkt, die Idealgestalt der Kugel,⁶⁴⁾ sich gerade bei der isolierten Zelle, etwa bei Algen, ganz und gar nicht regelmäßig findet. Vor allem aber mochte er sich der Annahme nicht anschließen, daß ein rein mechanisch von außen wirkender Einfluß bestimmend für die Zellform sein sollte. Den entscheidenden Faktor vermutete er in der einzelnen Zelle selbst. Eine Antwort auf die Frage nach der Art und Wirkungsweise jenes Faktors konnte MOHL allerdings unmöglich finden. Er hatte damit weit über die Möglichkeiten seiner Zeit hinausgegriffen.

MOHL hatte, wie wir der ältesten uns erhaltenen Vorlesungsnachschrift⁶⁵⁾ von 1837/38 entnehmen können, zu diesem Zeitpunkt bereits eine sehr klare Vorstellung vom Bau und der Funktion der Pflanzenzelle, die eigentlich alle wesentlichen Elemente der klassischen Zelltheorie enthielt, mit Ausnahme der Kenntnis des Protoplasmas. So bleibt denn auch diese Vorlesung, obgleich sie in ihren Einzelaussagen immer wieder dem jeweils aktuellsten Stand der Erkenntnis angepaßt wurde, in ihrem grundlegenden Aufbau über Jahrzehnte hinweg unverändert.⁶⁶⁾ Noch in der ersten Hälfte der dreißiger Jahre bestanden auch bei MOHL noch Unsicherheiten über Inhalt und Grenzen des Zellbegriffes. Dies erhellt unter anderem aus seiner in der Pollenmonographie vertretenen Auffassung, die äußere Pollenhaut bestehe aus einer Zellschicht.

Veranlaßt hatte ihn dazu insbesondere die hexagonale, netzartige Oberflächenstruktur, wie sie bei manchen Pollenkörnern zu beobachten ist, welche in der Tat an eine pflanzliche Epidermis erinnert.

Neben der zu jener Zeit noch vorhandenen Unsicherheit darüber, ob eine untere Grenze⁶⁷⁾ für die Größe einer Zelle existiere, zeigt sich darin auch die gelegentlich überschießende Absicht, das gerade in seiner grundlegenden Bedeutung erkannte Bauelement der Zelle wo immer nur möglich aufzufinden.

Wie rasch aber gerade MOHL auf dem Wege der Erkenntnis fortschritt, zeigt sich an seiner oben erwähnten Darstellung des Zellbegriffes, die nur wenige Jahre später datiert. Der Grund dafür, daß MOHL zu jener Zeit seine Zellentheorie nicht publizierte, liegt nach dessen eigenem Bekunden darin, daß er die Frage nach der Zellentstehung noch nicht eindeutig beantworten zu können glaubte. So erschien eine allgemeine Darstellung der Zellentheorie aus der Feder MOHLS erst relativ spät im Jahre 1851.⁶⁸⁾ Erst, als er sich restlos davon überzeugt hatte, daß die von SCHLEIDEN aufgestellte Theorie der Zellbildung in jener Form völlig unhaltbar war, vielmehr die von ihm selber erstmals beschriebene Zellteilung das allgemeine Prinzip darstelle, schrieb er seine "Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle."⁽⁸⁾ Er gab darin eine zwar knappe, doch präzise Darstellung der Zellenlehre, die alle wesentlichen Aspekte umfaßte. Sowohl der Text als auch die in ihrer Mehrzahl eigens für diese Publikation angefertigten Abbildungen bestechen durch ihre Klarheit. Das Werk enthält auch aus unserer heutigen Sicht nur sehr wenige, verhält-

nismäßig geringfügige Irrtümer, Teile davon ließen sich noch heute unverändert abdrucken.

Während die Individualität der Zelle aus morphologischer Sicht klar zutage trat, sah MOHL ganz deutlich die Schwierigkeiten der Begründung einer eigentlichen "Zell-Physiologie" darin, daß "die Zelle der höhern Pflanzen ... eine doppelte Rolle spielt, auf der einen Seite als selbstständiges Individuum erscheint, welches seinen eigenen Bildungsgesetzen folgt, und eine ihm eigenthümlich zukommende Thätigkeit entwickelt, auf der andern Seite dagegen, in Hinsicht auf ihren Bau und ihre Lebensthätigkeit, in einem um so höheren Grade unter dem Einflusse der übrigen Theile der Pflanze steht, je zusammengesetzter der Bau der letzteren ist. Eine scharfe Sondernung dieser beiden, beständig in einander übergreifenden Verhältnisse läßt sich beim gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse vom Lebensprocesse der Pflanze noch nicht durchführen, und von mancher Verrichtung, welche wir bis jetzt nur als Function von Zellkomplexen kennen, werden vielleicht künftige Untersuchungen zeigen, dass sie auch von einzelnen Zellen versehen werden kann." Eine Hoffnung, die sich inzwischen in vielfacher Weise erfüllt hat.

DIE ZELLWAND.

Während das Zellgerüst der Pflanzen als ganzes bereits im Anfange der Phytotomie den Hauptgegenstand ihres Interesses bildete, war über den Feinbau der Zellwand, wenn man von der schon bei MALPIGHI und GREW vorhandenen, allerdings noch ungenauen Kenntnis vom Bau der Spiralgefäße absieht, bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts nahezu nichts bekannt. In seiner vielbeachteten Schrift⁶⁹⁾ von 1802, die zahlreiche neue Beobachtungen enthielt, beschrieb nun MIRBEL Poren in Gefäßwänden, wobei er diese porösen Gefäße von ihrem Bau her klar trennte von den Spiralgefäßen und Treppengängen. In den Schriften, die, dadurch angeregt, in der Folgezeit entstanden, finden sich zahlreiche Mitteilungen über den Bau der Gefäßwandungen. Beobachtungsmängel und der in verschiedener Weise unternommene Versuch, diese porösen Gefäße aus den bekannten Spiralgefäßen abzuleiten,⁷⁰⁾ führten zu höchst widersprüchlichen Auffassungen. Teils wurde sogar die Existenz der Poren überhaupt in Abrede gestellt und die entsprechenden Erscheinungen als Kügelchen oder Erhabenheiten mißdeutet. Zu einer klaren und zutreffenden Auffassung in diesem Punkte gelangte keiner.

Gleich in seiner ersten Arbeit befaßt sich MOHL in deren phytotomischem Teil auch mit diesen Fragen. Er findet ganz eindeutige Poren, sowohl in der Wand von Zellen als auch in der der getüpfelten Gefäße.

An der Auffassung KIESERS, daß die Poren anfangs kleiner seien und sich allmählich vergrößerten, zweifelt er stark, bedauert jedoch, dies nicht si-

cher beweisen zu können. Die nähere Beobachtung dieses Punktes sollte bald eines der Argumente liefern, die MOHL zur richtigen Erkenntnis der Entstehungsweise dieser Poren zugleich mit der Aufklärung des Dickenwachstums der Zellwand führten.

Während in jener ersten Arbeit die Poren für MOHL noch freie Öffnungen darstellen, findet er in seiner zweiten, jener Frage monographisch gewidmeten Schrift, die jene Poren verschließende, außerordentlich feine Primordialwand.⁷¹⁾ Hier widmet er sich neben der Untersuchung der Gefäße insbesondere dem Nachweis des häufigen Vorkommens der Tüpfel in den Wänden von Zellen, welcher ihm bei einer großen Anzahl parenchymatöser Zellen, insbesondere Markzellen von *Viscum album*, *Ephedra*, *Rubus* und zahlreichen anderen, gelingt. Er weist hier nochmals ausführlich nach, daß es sich um Aussparungen der Zellwand mit Ausnahme der Primordialwand handelt, die gelegentlich einen Randwulst besitzen, worüber die Ansichten anderer Beobachter ebenfalls auseinandergehen. In diesem Randwulst sieht MOHL zu Recht ein akzessorisches Merkmal von untergeordneter Bedeutung.

Bei der Untersuchung der Hoftüpfel, hier bei *Pinus*, die bereits von LEEUWENHOEK gesehen, jedoch als Harzkügelchen mißdeutet⁷²⁾ wurden, erkennt er deren Besonderheit nicht genügend und kann daher ihren Bau nicht richtig angeben. Den Torus vermag er nicht zu erkennen. Da er bei den einfachen Tüpfeln der porösen Gefäße stets eine verschließende Membran findet, wendet er große Mühe daran, eine solche auch bei den Hoftüpfeln nachzuweisen. Auf unzähligen Querschnitten glaubt er diese auch vereinzelt

gesehen zu haben. So wird für ihn der Bau der Hoftüpfel dem der gewöhnlichen Tüpfel außerordentlich ähnlich. Er unterscheidet sich wesentlich nur dadurch, daß sich die verschließende Membran bei den Hoftüpfeln quasi in zwei Lamellen aufspalten, wodurch ein linsenförmiger Zwischenraum entsteht.⁷³⁾

Die einzigen Zellen, wo MOHL wirklich keinerlei die Poren verschließende Membran finden konnte, waren die Wasserzellen des Blattparenchyms von *Sphagnum obtusifolium*. Diese hatte MOLDENHAWER schon früher erwähnt, fand damit jedoch nicht die mindeste Beachtung. Dies änderte sich nach MOHLS Publikation alsbald, indem MEYEN 1836 jene Beobachtung ganz zu Unrecht einer ausgesprochen harschen und polemischen Attacke⁷⁴⁾ unterzog, wobei er nicht anstand, die Existenz zweier verschiedener Zelltypen im Blattparenchym jener Pflanze überhaupt in Abrede zu stellen.

MOHL sah sich dadurch veranlaßt, seine Untersuchungen von neuem aufzunehmen, wobei er nicht nur seine früheren Ergebnisse bestätigen konnte, sondern ihm darüber hinaus der sehr viel schwierigere Nachweis ähnlicher Zellen bei einer Reihe weiterer Moose, wie etwa *Dicranum glaucum* oder *Octoblepharum albidum*, gelang.⁷⁵⁾ Dabei erkannte er auch, daß diese Öffnungen bei ganz jungen Zellen noch eine verschließende Membran besitzen, die jedoch alsbald resorbiert wird. Dieser Beobachtung mißt er nicht nur deswegen besondere Bedeutung bei, weil die Resorption von Zellwänden überhaupt nur in ganz wenigen Fällen vorkommt, sondern vor allem, weil sie ein Analogon bei den Zellen zur Entstehungsweise der Gefäße darstelle und damit die vollkommene Einheit von Gefäß- und Zellsystem unterstreiche. Später fin-

det dann MOHL solche Zellen mit durchgängigen Poren auch ganz vereinzelt bei Phanerogamen.⁷⁶⁾

Wie zuvor erwähnt, waren die Spiralgefäße schon lange bekannt, bevor die Treppengänge, die getüpfelten Gefäße, Ring- und Schraubengefäße entdeckt wurden. Diese neuentdeckten Gefäße wurden häufig als Umwandlungen der Spiralgefäße aufgefaßt, eine Vorstellung, die in einzelnen Fällen noch bis in die vierziger Jahre des 19. Jahrhunderts hineinwirkte. Auch MOHL war anfangs davon beeinflusst und nahm eine solche "Metamorphose" an. Dies änderte sich jedoch bald. Bereits in seiner Dissertation von 1828 (1) gelangt er im Prinzip zu den richtigen Auffassungen, die er dann vor allem in der Palmenanatomie (3) vertieft und erweitert. Zuerst erkennt er, daß die Spiralfaser niemals allein die Wand des Spiralgefäßes bildet, sondern daß diese stets einer dünnen Membran innen aufliegt. Er findet, daß der Querschnitt jener Faser zwar unterschiedliche Formen anzunehmen vermag, diese jedoch niemals hohl ist. Sie ist, wenn auch bei älteren Gefäßen häufig abrollbar, bei jungen Gefäßen stets fest mit der Wand verwachsen. Zwei Punkte sind es nun vor allem, an denen MOHL anknüpft: einmal ist es die Tatsache, daß ganz unterschiedliche Gefäßformen direkt ineinander übergehen können, das heißt, daß ein Gefäß in einem Teil den Charakter eines Spiralgefäßes, in einem anderen etwa den eines Treppenganges oder Ringgefäßes besitzen kann. Er weist nach, daß solche schon von MIRBEL erwähnten "gemischten Gefäße" ("tubes mixtes") keineswegs selten sind. Wiewohl diese Beobachtung prima vista durchaus mit der Vorstellung einer Umwandlung der verschiedenen Gefäße ineinander vereinbar zu sein scheint, formuliert MOHL zwei wesentliche Ein-

wände. Es wurden zum einen niemals irgendwelche Übergangsformen beobachtet, zum anderen wäre eine solche Umwandlung bei genauerer Betrachtung nur unter der Annahme teils außerordentlich komplizierter Mechanismen, für deren Vorkommen es wiederum keinerlei Hinweis gibt, möglich.

Der entscheidende Schritt jedoch war die Aufklärung der Entwicklungsgeschichte, die MOHL zuerst an getüpfelten Zellen des Markparenchyms gelang. Während die jugendlichen Zellen nur eine ganz dünne Zellwand ohne irgendwelche Unregelmäßigkeiten zeigen, treten die Poren um so deutlicher hervor, je älter diese Zellen, d.h. je dicker deren Zellwand wird. Dies und die Erkenntnis MOHLS, daß alle Wandunregelmäßigkeiten sich ausnahmslos auf der Innenseite der Zellwand finden, führten ihn zur Annahme eines schichtweisen Dickenwachstums der Zellwand durch Ablagerung aufeinanderfolgender Schichten von außen nach innen, wobei Poren und Spalten in den sekundären Schichten ausgespart bleiben. In der Palmenanatomie (3) von 1831 erklärt er dann die Entstehung von Erhabenheiten des Gefäßwandprofils in analoger Weise: sie stellen nichts anderes dar als die Auflagerung sekundärer Verdickungsschichten an ganz umschriebenen Stellen der Zellwand.

Diese Theorie eines appositionellen Dickenwachstums⁷⁷⁾ der Zellwand von außen nach innen gab eine einfache und einheitliche Erklärung für das Entstehen aller beobachteten Strukturen der Zellwand. Der wirkliche Zusammenhang der verschiedenen Arten von Gefäßen besteht also in dem gleichartigen Mechanismus, der ihrer Ausdifferenzierung zugrunde liegt, und nicht in einer vermeintlichen Metamorphose der bereits

fertig entwickelten Strukturen.

So zutreffend sich diese Auffassung MOHLS im Lichte unserer heutigen Erkenntnis auch darstellt, fand sie dennoch durchaus keine sofortige und ungeteilte Aufnahme. Neben HARTIG und SCHLEIDEN waren es noch in den vierziger Jahren MULDER⁷⁸⁾ und HARTING⁷⁹⁾, die wesentliche Einwände vorbrachten. Wenn sie auch nicht der Vorstellung des Dickenwachstums der Zellwand durch appositionelle Ablagerung sekundärer Schichten als solcher widersprachen, so glaubten sie doch den Nachweis führen zu können, daß die neuen Schichten sich stets außen ablagern. Neben einer Reihe von morphologischen Einwänden, die MOHL allesamt durch äußerst aufwendige⁸⁰⁾ mikroskopische Untersuchungen zu entkräften vermochte, führten HARTING und MULDER das chemische Verhalten der Zellwand an. Sie wiesen vor allem darauf hin, daß in den verdickten Zellwänden älterer, verholzter Zellen die äußeren Schichten weder in Schwefelsäure auflöslich seien, noch nach Behandlung mit Jod eine blaue Farbe zeigten. Dies im Gegensatz zur innersten Zellwandschicht, die, wie die gesamte dünne Zellwand der jugendlichen Zelle, sich dabei blau färbt. Das führte sie zu dem Schluß, jene innerste Zellwandschicht entspreche der dünnen primären Zellwand, an deren Außenseite sich dann chemisch differente Schichten anlagern sollten.

PAYEN⁸¹⁾ hatte 1839 erstmals die Zellulose zu isolieren vermocht und die Auffassung vertreten, diese Substanz bilde den Hauptbestandteil der Zellwand, wobei ihre Eigenschaften häufig sekundär durch "inkrustierende Substanzen" verändert würden. MOHL hat sich diese Anschauung sofort zueigen gemacht

und durch seine mikroskopisch-histochemischen Untersuchungen ganz wesentlich zu deren Durchsetzung und Verbreitung beigetragen.⁸²⁾ Nachdem MEYEN⁸³⁾ bereits 1837 bemerkt hatte, daß Zellwände bei manchen Flechten statt der gewöhnlichen gelben oder bräunlichen Färbung nach Jodzusatz auch eine blaue Farbe annehmen können, veröffentlichte SCHLEIDEN⁸⁴⁾ im darauffolgenden Jahr zwei Arbeiten, in denen er die gleiche Erscheinung beschrieb. Er fand vor allem, daß die sekundären Wandschichten der meisten Zellen beim Kochen in Kalilauge stark aufquollen und sich nach anschließender Zugabe von Schwefelsäure und Jod blau färbten. SCHLEIDEN suchte dies durch die Annahme zu erklären, daß ein kleiner Teil der Zellwandsubstanz durch die Schwefelsäure in Stärke umgewandelt werde. MOHL⁸⁵⁾ zeigt dann 1840, daß eine blaue Farbe der Zellwand in zahlreichen Fällen durch alleinigen Zusatz von Jod zu erzielen ist, wenn die Einwirkung nur intensiv genug erfolgt. Da dies ohne jeglichen Zusatz von Schwefelsäure möglich ist, lehnt MOHL SCHLEIDENS Erklärung ab. Ganz allgemein findet er, daß das Auftreten der Blaufärbung vom Wassergehalt und Quellungszustand der Zellwandschichten abhängig ist. Während SCHLEIDEN der Auffassung PAYENS keinen allzugroßen Geschmack abzugewinnen vermochte, er vielmehr die Auffassung vertrat, daß die Zellwände aus einer Vielzahl ganz unterschiedlicher Substanzen⁸⁶⁾ gebildet würden, welche überwiegend der Zellulose, der Stärke und dem Zucker isomer sein sollten, sprach sich MOHL 1845 nochmals ganz im Sinne PAYENS aus:⁸⁷⁾ "Die Ausmittlung des wahren Sachverhältnisses können wir nur von den Chemikern erhalten, ich halte es daher allerdings für gerathener, dass die Botaniker warten, bis die Chemiker diese Untersuchungen anstellen, als dass sie

in der Überzeugung, dass die Chemiker mit diesen Stoffen doch nichts ordentliches anzufangen wissen, mit Schleiden in das Gebiet der letzteren übergreifen und auf ihre unvollkommenen Untersuchungen hin, neue chemische Verbindungen aufstellen, die in Gefahr sind, auf die erste Untersuchung eines Chemikers hin wieder ausgestrichen zu werden."

Die von ihm bei verschiedenen Farnen gemachte Beobachtung, daß die Zellwände morphologisch identischer, benachbarter Zellen nach Jodzugabe teils eine braune, teils eine blaue Farbe zeigten, gaben MOHL den Anstoß, nach Verfahren zu suchen, mit denen sich die inkrustierenden Stoffe entfernen ließen, ohne zugleich die Struktur der Zellwand eingreifend zu verändern. Seine mühevollen Versuche waren endlich von vollem Erfolg⁸⁸⁾ gekrönt, wobei er jene blaue Färbung zuletzt auch in der Primärwand hervorrufen konnte, nachdem es ihm an Bastzellen der Palme gelungen war, sie von den sekundären Schichten zu isolieren.

Eine Frage, welche jener nach der Natur der verholzten Zellwände verwandt war, stellte die nach der Beschaffenheit der Cuticula dar. BRONGNIART⁸⁹⁾ hatte 1815 gefunden, daß sich von der Epidermis verschiedener Pflanzen häufig ein dünnes, farbloses Häutchen abziehen ließ, welches er "Cuticula" nannte. Über das, was diese Cuticula nun eigentlich darstellte, herrschte lange Zeit keine einheitliche Auffassung; während sie etwa MEYEN als Teil der äußeren Wand der Epidermiszellen ansah, hielten SCHLEIDEN und TREVIRANUS sie für ein Abschneidungsprodukt⁹⁰⁾ jener Zellen. MOHL, der die Cuticula anfangs quasi als Fortsetzung der Interzellularsub-

stanz⁹¹⁾ auffaßte, sieht sie 1842⁹²⁾ auch als Teil der äußeren Zellwände der Epidermiszellen an; diese Schichten sollen eine Metarmophose, eine Umwandlung in der Substanz, erlitten haben, woraus sich ihr von dem der übrigen Anteile der Zellwand verschiedenes Verhalten erklären sollte.

Nachdem ihm die Entwicklung geeigneter Untersuchungsmethoden gelungen war, glückte MOHL im Zeitraum von 1845 bis 1847 an einer eindrucksvollen Zahl der verschiedensten Objekte der Nachweis, daß die Zellulose den wesentlichen Grundstoff wirklich aller Zellwände darstellt. Durch geeignete Vorbehandlung, etwa mittels Salpetersäure oder Erhitzen in Kalilauge, gelang es, die in verholzte, verkorkte oder cutinisierte Schichten eingelagerten Substanzen zu entfernen und die Zellulose dann mittels der bekannten Methode durch Blaufärbung nachzuweisen. Nur zwei Untersuchungsobjekte zeigten diese Farb-reaktion unter keinen Umständen: zum einen an der Mittellamelle, die nach schichtweisem Ablösen der Zellwandschichten durch Mazeration als außerordentlich zartes Häutchen erhalten wurde, und jene feine Lamelle, die als oberste Schicht auf die BRONGNIART'sche Cuticula aufgelagert war, worauf MOHL nur noch diese Lamelle mit dem Namen Cuticula bezeichnete und als Ablagerungsschicht auffaßte, während er die cutinisierten Teile der Zellwand als "Cuticularschicht" bezeichnete. Damit war endlich der gesamte Sachverhalt vollkommen aufgeklärt.⁹³⁾

Schon PAYEN hatte behauptet, daß neben den noch wenig bekannten organischen Substanzen auch Kieselerde in die Zellwand eingelagert werde. Die Botaniker gelangten anfangs jedoch zu anderen Auffassungen.

Während CRÜGER bei der Untersuchung von Rindenzellen fand, daß sie sich an der Innenseite der Zellwand abgestorbener Zellen ablagere, glaubte KÜTZING, sie lagere sich auf der Außenseite der Zellwand ab. 1861 publizierte MOHL⁹⁴⁾ das Ergebnis einer großen Zahl von Einzeluntersuchungen. Darin beschreibt er sehr umfassend und detailliert, welche Zellen, welche Teile der Zellwand oder deren Anhangsgebilde (etwa Haare) verkieseln. Auch hier waren es vor allem wieder die von ihm entwickelten Präparationsmethoden, die diese Fülle ausgezeichneter Beobachtungen ermöglichten. Während er durch Mazeration und Veraschen filigrane Kieselskelette erhielt, konnte er umgekehrt durch Behandeln mit Flußsäure die Kieselerde ohne Zerstörung der Struktur selektiv herauslösen⁹⁵⁾. Es zeigte sich, daß die Kieselerde - mit Ausnahme des von CRÜGER beschriebenen Sonderfalles⁹⁶⁾ - immer in die Zellwand, und zwar der lebenden Zelle, eingelagert wird, wobei die Verkieselung homogen erfolgt und nicht etwa durch die Einlagerung mikroskopisch kleiner Kristalle.

Neben der Frage nach der chemischen Zusammensetzung der Zellwand tauchte immer wieder die Frage nach einer möglichen mikroskopischen Feinstruktur der Schichten auf. Bereits in den Anfangszeiten der Phytotomie bestand ja die, wenn auch durch Mängel des Beobachtungsinstrumentes begünstigte, rein spekulative Vorstellung von einer Art Fasergeflecht, das die Wände der Zellen und Gefäße bilden sollte. Auch nachdem die Faserlehre zu Beginn des 19. Jahrhunderts ihre Anziehungskraft weitgehend eingebüßt hatte, führten vereinzelte Beobachtungen von netzartigen Strukturen an den Wänden bestimmter Zellen, wie etwa den Markparenchymzellen von *Clematis alpina*, neu-

erlich zu Theorien über eine Faserstruktur der Zellwand.

MOHL versuchte in den fünfziger Jahren einer Antwort auf diese Frage näher zu kommen. In seiner ersten Abhandlung⁹⁷⁾ dazu konnte er an einer größeren Zahl von Algenzellen sowie bei über 150 verschiedenen anderen Pflanzen solche Strukturen auffinden. Allerdings ließen sich alle Beobachtungen, die zur Vermutung einer Faserstruktur hätten Anlaß geben können, ebensowohl durch Inhomogenitäten der Auflagerungsschichten oder Artefakte erklären. Insbesondere die Tatsache, daß es weder mit mechanischen noch chemischen Mitteln möglich war, wirklich einzelne Fasern aus solchen Zellwänden zu isolieren, läßt deren Existenz für MOHL als unbewiesen erscheinen.⁹⁸⁾

Die Grenzen der mikroskopischen Beobachtung, an die MOHL gestoßen war, ließen ihn nach einem neuen methodischen Ansatz Ausschau halten. So wandte er sich in den fünfziger Jahren⁹⁹⁾ der mikroskopischen Untersuchung unter Anwendung polarisierten Lichtes zu, einer noch wenig verbreiteten und entwickelten Methode. Dabei befaßte er sich ebenso gründlich mit den physikalischen Grundlagen der beobachteten Phänomene wie der Entwicklung und Vervollkommnung der apparativen Vorrichtungen.¹⁰⁰⁾ Wenn auch MOHL seine Ansätze in dieser Richtung nicht bis zum Ende verfolgt hat, so gelangte er doch zu einigen grundlegenden, wesentlichen Erkenntnissen. Er konnte zeigen, daß SCHACHTS Angabe, nur sekundäre Verdickungsschichten zeigten infolge ihrer lamellären Struktur Doppelbrechung, falsch war. Vielmehr fand er, daß die Eigenschaft der Doppelbrechung jeder einzelnen Schicht für sich zukommt, und damit in deren

innerer Struktur begründet sein muß. Da er findet, daß die Anisotropie auch nach dem Herauslösen der eingelagerten Substanzen erhalten bleibt, schließt er, "dass die von den Zellmembranen ausgeübte Wirkung der dieselben bildenden Cellulose selbst zukommt und von der mit ihrem organischen Bau verbundenen Anordnung ihrer Molecüle abhängt." MOHL zeigt zwar, daß mikroskopisch strukturlose Zellwände die gleichen polarisationsoptischen Phänomene auszulösen vermögen wie Spiralgefäße oder Zellwände mit netzartiger Oberfläche, vermag jedoch darin keinen zwingenden Beweis für die Existenz von "Primitivfasern" zu erblicken. Während MOHL an diesem Punkte einhielt, unternahm später dann vor allem NÄGELI ausgedehnte polarisationsmikroskopische Untersuchungen, anhand derer er seine Intussusceptions-¹⁰¹⁾ und Micellartheorie entwickelte.

Die vollständige Aufklärung der Ultrastruktur der pflanzlichen Zellwand sollte noch beinahe ein Jahrhundert auf sich warten lassen. Erst die Fortschritte in der Erkenntnis vom Bau der organischen Makromoleküle, die Entwicklung der Röntgenstrukturanalyse und an allererster Stelle der Elektronenmikroskopie haben uns in der neuesten Zeit eine klare Vorstellung von diesem Feinbau vermittelt.

DER ZELLINHALT.

Während von Anfang an das hauptsächlichste Interesse der Phytotomen der Zellwand und der äußeren Gestalt der Zelle gegolten hatte, war über den Zellinhalt lange Zeit so gut wie nichts bekannt. Nur ganz wenige Mikroskopiker vermochten bereits einzelne Gebilde des Zellinhaltes zu erkennen, wie etwa LEEUWENHOEK, der Kristalle in Zellen¹⁰²⁾ entdeckte. MOHL hat sich mit diesen, vor allem von MEYEN beschriebenen, Kristallen nur wenig befaßt, da er in ihnen nur tote Ablagerungsprodukte ohne Bedeutung für den Lebensprozeß der Zelle sah. Mit der Anwendung der Polarisationsmikroskopie¹⁰³⁾ hatte er ein Mittel gefunden, um solche Kristalle leicht aufzufinden, und von den Zellen, in welchen die eigenartigen Cystolithen auftreten, konnte er aufzeigen, daß diese meist verkieselt¹⁰⁴⁾ sind.

Nach den Kristallen waren es die verschiedensten Körner und Körnchen, die als Bestandteil des Zellinhaltes entdeckt wurden. Sofern dies überhaupt geschah, unterschied man anfangs nur die grünen Chlorophyllkörner von den farblosen Amylumkörnern, wobei noch SPRENGEL und anfangs auch L.C. TREVIRANUS annahmen, daß diese Körnchen sich durch nichts anderes als ihre Farbe unterscheiden. Die in der Folgezeit über das Chlorophyll und die Chloroplasten verbreiteten Anschauungen brachten häufig mehr Unklarheiten als Fortschritte. So sollten sich nach Ansicht von LINK und WAHLENBERG die Chlorophyllkörner durch Gerinnung des grünen Zellsaftes bilden. G.R. TREVIRANUS sah in ihnen Eiweißkügelchen vermischt mit einer grünen Masse. Zahlreiche andere wiederum wie RASPAIL, TURPIN, MIRBEL, AGARDH und

MEYEN sahen in den Chlorophyllkörnern mit einem grünen Inhalt erfüllte Bläschen. DUTROCHET vermutete in ihnen sogar das Analogon der tierischen Ganglienzellen, die er als "Nervenkügelchen" bezeichnet. So lautete denn auch MOHL'S Résumé¹⁰⁵⁾ noch 1837: "Werfen wir einen Blick auf diese Aussagen der Phytotomen über die anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls zurück, so erhellt leider, daß in dieser Beziehung, ungeachtet aller Untersuchungen der tüchtigsten Männer, beinahe so gut als Nichts festgestellt ist, indem fast jeder Schriftsteller die Ansichten seiner Vorgänger verwarf, ohne im Stande zu sein, eine haltbarere an die Stelle derselben zu setzen."

Wenn sich MOHL auch in seinen ersten Publikationen ganz auf den eigentlichen Gegenstand der Phytotomie, den Bau des Zellwandgerüsts, konzentriert, so zeigen seine Manuskripte¹⁰⁶⁾ von 1828 deutlich, daß er dem Zellinhalt schon früh besonderes Interesse entgegenbrachte. Diese Aufzeichnungen werfen zugleich ein Licht auf die Schwierigkeiten, die sich der Erfassung jenes noch weithin unbekannten Gegenstandes entgegenstellten. So beschreibt er dort die Zellen als wasserklar oder grüne, dunkle oder ungefärbte Körner oder aber eine grüne, schleimige Masse enthaltend. Präziser werden seine Angaben über den Zellinhalt bei der Untersuchung¹⁰⁷⁾ von zahlreichen Süßwasseralgen, die er 1834/35 vornimmt. Die Beschreibungen und mehr noch die Zeichnungen zeigen, daß er insbesondere die verschiedenartigen Chromatophoren dieser Algen genau erkannt und sorgfältig studiert hat. Bereits 1828 hatte er nicht nur das schraubige Band der *Zygnema quinina* deutlich beschrieben und gezeichnet sondern auch gesehen, wie

es bei der Bildung der Schwärmspore in dieselbe eingeschlossen wird.¹⁰⁸⁾ 1834 beschreibt er abermals die schraubigen, bandförmigen Chromatophoren der Spirogyren in ihrer ganzen Vielfalt mit großer Genauigkeit, ebenso die plattenartigen der Mougeotia. Auch die Pyrenoide werden bereits klar erkannt.

Von jenen Beobachtungen ausgehend führte MOHL seine Untersuchungen in den folgenden Jahren fort und publizierte die Ergebnisse¹⁰⁹⁾ erstmals im Jahre 1837. Die darin erzielten Fortschritte wurden lange Zeit nicht übertroffen; auch MOHL selber kommt in seiner zweiten einschlägigen Schrift¹¹⁰⁾ aus dem Jahre 1855 nicht wesentlich über den Stand jener ersten Arbeit hinaus. In ihr spricht er bereits mit Bestimmtheit aus, daß der Zellsaft stets "vollkommen wasserklar" und niemals Chlorophyll in ihm enthalten ist. Während er die verschiedenartigen Formen der Chromatophoren der Algen nicht allzu glücklich als "formloses Chlorophyll" bezeichnet, findet er, daß das Chlorophyll ganz überwiegend - bei den Phanerogamen sogar ausschließlich - in Gestalt von Körnern vorkommt. Zwar scheint ihm die Verteilung der Chlorophyllkörner in der Zelle keiner einheitlichen Gesetzmäßigkeit zu unterliegen, doch findet er sie häufig der Zellwand angelagert. Daß sie jedoch mit dieser durch eine Art von Nabelstrang, wie von TURPIN und RASPAIL behauptet, verwachsen seien, kann er nur in "das Reich der Fabel" verweisen. Er findet im Gegenteil, daß sie häufig an der Strömung des "Saftes" in der Zelle teilnehmen.

Einen wesentlichen Beitrag leistet MOHL zur Erkenntnis der Pyrenoide, die er sehr anschaulich beschreibt. MEYEN¹¹¹⁾ hatte sie bereits früher erwähnt,

jedoch als eine Art von Keimbläschen, er nennt sie "sporae", aus denen sich vollständige Pflanzen und sogar Tiere entwickeln können sollten, gründlich mißdeutet, was MOHL zu der sarkastischen Bemerkung Anlaß gab: "Leider gehören diese Meyen'schen Sporen zu den vielen Gegenständen der Naturgeschichte, die sich zwar in unsern Büchern, aber nicht zwischen Himmel und Erde finden." Aus der Blaufärbung, die er bei der Behandlung mit Jod erhält, schließt MOHL, daß es sich um Stärkekörner handele, womit er den Sachverhalt zwar noch nicht in seiner ganzen Komplexizität erkannt, jedoch den Weg in die richtige Richtung gewiesen hatte.¹¹²⁾

Daß MOHL über den inneren Bau der Chlorophyllkörner nur wenig in Erfahrung zu bringen vermochte, verwundert nicht. Der außerordentlich diffizile Gegenstand und die Unvollkommenheit der Beobachtungsinstrumente standen dem zu jener Zeit entgegen. MOHL konnte immerhin zeigen, daß die Chlorophyllkörner beim Behandeln mit Alkohol zwar vollständig ihre grüne Farbe verlieren, jedoch keinerlei morphologische Veränderungen, selbst beim Erhitzen, zeigen. Aus der braunen Farbe, die jene farblose Masse, die augenscheinlich den Hauptbestandteil der Körner ausmacht, bei der Behandlung mit Jod annimmt, sowie anderen chemischen Reaktionen schließt er, daß es sich dabei um eine stickstoffhaltige, eiweißartige Substanz oder Eiweiß selber handeln müsse. Dieses Eiweiß liegt jedoch nicht als "Klumpchen" strukturloser Materie, wie es TREVIRANUS darstellte, sondern in einer organisierten Form vor. Während andere, insbesondere MEYEN und selbst 1846 noch NÄGELI¹¹³⁾ in den Chlorophyllkörnern membranumschlossene "Bläschen" sehen, findet MOHL keinerlei abgrenzba-

ren Hohlraum in ihnen, sondern sieht sie stets als kompakte Körper, über deren Feinstruktur er allerdings noch keine Aussage zu machen im Stande ist.

Bereits 1835 war MOHL, wie einem Brief¹¹⁴⁾ an ROEPER zu entnehmen ist, eine bedeutende Entdeckung gelungen: "Ich untersuchte eine [*Chara*] in Ellwangen und fand einiges, was ich nicht erwartete, z.B. dass die grünen Körner, die im Innern des Schlauches in Spirallinien sitzen, keine einfachen Chlorophyllkörner sind, sondern kleine Zellen, die eine grüne Matrix und 3-4 Amylumkörner enthalten." In der Folgezeit entwickelte er die Methode der Jodfärbung dergestalt weiter, daß ihm der Nachweis der Assimilationsstärke in den Chloroplasten einer Vielzahl der unterschiedlichsten Species und damit des allgemeinen Charakters jener Erscheinung glückte.

Wie dieses Verhältnis zwischen Stärkekörnern und Chlorophyll, auf das MOHLS Entdeckung hinwies, beschaffen sei, diese Frage bereitete MOHL erhebliche Probleme, zumal die Ergebnisse der mikroskopischen Beobachtung teilweise widersprüchlich schienen und sich kein konstantes Verhältnis beider zueinander zu zeigen schien. Ganz im Sinne der zu jener Zeit sich großer Beliebtheit erfreuenden Kristallisationsvorstellungen¹¹⁵⁾ neigte MOHL anfangs dazu, in der Assimilationsstärke eine Art von Kristallisationskeim, um den herum sich bei der Bildung der Chloroplasten das Chlorophyll niederschlagen sollte, zu sehen. In gleicher Richtung schien die bei *Sempervivum* u.a. gemachte Beobachtung zu weisen, daß "die in den Zellen enthaltenen Körner, je weiter die Zellen gegen die Mitte und die Basis des Blattes zu liegen, desto mehr sich von der Beschaf-

fenheit der Chlorophyllkörner entfernen und die der reinen Amylumkörner annehmen, d.h. eine desto dünnere und lichter gefärbte grüne Hülle besitzen oder derselben auch ganz entbehren."¹¹⁶⁾ Mit dieser ausserordentlich scharfen Beobachtung hat MOHL die Übergangsformen bei der Umwandlung der Leukoplasten in Chloroplasten beschrieben. Daß jedoch die Stärke nicht regelmäßig zuerst auftritt und daher von einer Umwandlung von Stärke in Chlorophyll, wie sie gar MULDER¹¹⁷⁾ 1844 behauptete, nicht die Rede sein könne, zeigten vor allem die Untersuchungen an Algenzellen. Die Beobachtung MOHLS, daß sich in jungen Algenzellen meist reichlich Chlorophyll findet, während entweder gar keine oder nur sehr wenige kleine Stärkekörner aufzufinden sind, in älteren Zellen dagegen große Stärkekörner in erheblicher Zahl vorkommen, zwangen ihn zu dem Schluß, "dass hier die Chlorophyllmasse unabhängig von den Amylumkörnern als selbständiges Gebilde auftritt."

Trotz oder vielleicht sogar wegen der sehr genauen und umfassenden Untersuchungen, die MOHL zu diesem Punkt angestellt hatte, gelang es ihm nicht, seine Ergebnisse in einer einfachen Theorie zusammenzuführen. MOHL hat seine Untersuchungen über jenen Stand hinaus nicht mehr wesentlich ausgedehnt und wohl auch nicht die ganze Tragweite seiner Entdeckung der Umwandlung der Plastiden ineinander, seiner ursprünglichen Auffassung der Chlorophyllkörner als einer Art kleiner Zellen in der Zelle, sowie der Beobachtung des vollständigen Einschlusses eines Chromatophors bei der Zoosporenbildung der Algen erkannt. Sie hätten die Ansatzpunkte für eine Plastidentheorie darstellen können, wie sie erst in den achtziger Jahren von SCHMITZ und SCHIMPER entwickelt

wurde.¹¹⁸⁾

Mit den Stärkekörnern hat sich MOHL im übrigen nicht allzu ausführlich befaßt. Aus seinen Beobachtungen über deren Schichtenbau schließt er 1837 auf ein ap-
positionelles Wachstum der Stärkekörner. Nachdem NÄGELI die bereits früher schon von SPRENGEL, RASPAIL und TURPIN geäußerte Ansicht, daß die Stärkekörner eine umhüllende Membran besitzen, wieder hervorhob, trat MOHL entschieden dagegen auf.¹¹⁹⁾ Er beschrieb dort auch das Auftreten der "Malteserkreuze" als Folge ihres Schichtenbaues bei der Betrachtung im polarisierten Licht¹²⁰⁾ und beobachtete, daß jener Effekt durch Quellung verloren geht. Diese Ansätze weiter zu verfolgen überließ MOHL anderen, insbesondere NÄGELI, der mit seiner "Stärkebibel" den umfassendsten Beitrag lieferte.

Auch mit dem Zellkern, auf dessen regelmäßiges Vorkommen in Pflanzenzellen erstmals R. BROWN 1833 aufmerksam gemacht hatte,¹²¹⁾ befaßt sich MOHL nur an wenigen Stellen. Zwar hatte er die Kerne¹²²⁾ bereits 1828 in verschiedenen Kryptogamenzellen gesehen, doch wußte man lange Zeit eigentlich nichts rechtes mit ihnen anzufangen. Daher wendet er auch in seiner Vorlesung (97) von 1837/38 nur wenige dürre Worte an sie, indem er anführt, es handele sich um "ungefärbte Kügelchen, die durch Anwendung von Jod braun gefärbt werden." MOHL hatte ergebnislos versucht, eine Beziehung zwischen dem Zellkern und den Chloroplasten aufzufinden, als SCHLEIDEN mit seiner Zellbildungstheorie¹²³⁾ den Zellkern in Zusammenhang mit der Zellentstehung brachte. Wenn dieser Zusammenhang auch prinzipiell vorhanden ist, so trafen SCHLEIDENS Aussagen im einzelnen in mehrerer

Hinsicht keineswegs zu. SCHLEIDEN läßt die junge Zelle als "feines, durchsichtiges Bläschen, ... die anfangs ein sehr flaches Kugelsegment darstellt, dessen plane Seite vom Cytoblasten, dessen convexe Seite von der jungen Zelle gebildet wird, die auf ihm etwa wie ein Uhrglas auf einer Uhr aufsitzt," entstehen. Nach dem Abschluß des Zellwachstums glaubt SCHLEIDEN ihn dann "als ein kleiner in einer der Seitenwände eingeschlossenen Körper" zu sehen. MOHL¹²⁴⁾ "dagegen scheint die Zellhaut immer den Nucleus unter der Form einer geschlossenen Blase zu umgeben..." Er sieht dabei jene "Zellhaut", die für SCHLEIDEN die primäre Zellwand darstellt, als mit dem "Primordialschlauch" identisch an. Im Gegensatz zu SCHLEIDEN findet MOHL gerade in jungen Zellen meist einen zentralen Zellkern. Ein Haften an der Zellwand oder gar das Eingewachsensein in die Zellwand kann MOHL überhaupt nicht finden, er sieht den Kern stets im Kontakt mit dem Protoplasma, das ihn auf allen Seiten, wenn auch in späterem Stadium oft nur als dünne Schicht, umgibt.

Zur Entdeckung gerade jenes Bestandteiles des Zellinhaltes hat zweifelsohne MOHL den entscheidenden Beitrag geleistet. Da das Protoplasma bei den höheren Pflanzen nur in jungen Zellen den Hauptanteil des Zellinhaltes bildet,¹²⁵⁾ den später ganz überwiegend die Safträume einnehmen, bis es endlich ganz verschwindet und von der Zelle nur die tote Zellwand zurückbleibt, ist es kein Zufall, daß die ersten Hinweise auf seine Existenz bei der Beobachtung niederer Organismen, insbesondere von Algen gewonnen wurden. So hat auch MOHL erstmals den protoplasmatischen Zellinhalt im September 1828 an einer Oscillatoria¹²⁶⁾ gesehen, was er folgendermaßen

beschrieb: "Wenn man durch intensiven Druck, z.B. gelindes Aufeinanderdrücken der 2 Glasplatten, zwischen denen man einen solchen Faden betrachtet, denselben an mehreren Stellen zerquetscht, so fließt der grüne, mit grünen Körnern vermischte Schleim aus, und lässt die Röhre leer, und wasserklar zurück ..."

Im Januar 1835 stellte MOHL einige Untersuchungen¹²⁷⁾ über die "Einwirkung von Reagenzien auf Diatomeen" an, wobei er beobachtete, wie sich der Zellinhalt unter der Einwirkung von Mineralsäuren kontrahiert. Die auftretenden Farbreaktionen lieferten einen Hinweis auf das Vorhandensein von Eiweiß im Zellkörper. MOHL suchte nun jenem Phänomen durch ausgedehnte Untersuchungen¹²⁴⁾ näher zu kommen. In reversibler Weise ließ es sich durch Trocknen und Wässern oder durch Zugabe von konzentrierter Zuckerlösung auflösen, irreversibel durch Behandeln mit Alkohol oder Mineralsäuren. Da MOHL auf diese Art jene der Zellwand anliegende Schleimschicht bei zahlreichen Algenarten und den jugendlichen Zellen vieler Phanerogamen nachweisen konnte, schloß er auf ihre "sehr allgemeine Verbreitung". Er findet mit Sicherheit, daß sie nicht Teil der Zellwand ist, sondern "Theil der noch sehr wenig bekannten, in ständiger Umwandlung begriffenen Gebilde, welche neben dem Nucleus in der jungen Zelle zu finden sind." In kernhaltigen Zellen sieht MOHL, daß der Zellkern jener Schicht stets innen anliegt oder in der Mitte der Zelle an Strängen, die von ihr ausgehen, aufgehängt erscheint. Er findet diese Schicht jedoch ebensowohl in primär kernlosen Zellen oder solchen, deren Kern bereits resorbiert war.

Jene anfangs scheinbar amorphe, schleimige Masse wurde für MOHL mit einem Schlage interessanter, als er durch Zufall ihre Fähigkeit zur reversiblen Kontraktion¹²⁹⁾ bemerkte und er ihr irgend eine Art von Organisation zuerkennen mußte. Er sah in einer Blattzelle bei *Jungermannia*, daß "die Chlorophyllkörner nicht an den Wandungen der Zelle anliegen, sondern in der Mitte der Zelle zu einer kugelförmigen Masse vereinigt" waren, "welche sich plötzlich ausdehnte, die Gestalt einer dünnhäutigen, die Chlorophyllkörner einhüllenden Zelle annahm und sich schnell vergrößerte, bis sie nach wenigen Sekunden den ganzen Raum der Blattzelle ausfüllte und nun von der Wandung derselben, an welche sie sich genau anlegte, nicht mehr unterschieden werden konnte."¹³⁰⁾

Als MOHL das Schicksal jenes Gebildes bei der Teilung der Algenzellen zu verfolgen suchte, bemerkte er, daß es an jenem Prozeß aktiv Anteil nimmt. Er sah, daß der erste Teilungsschritt in einer Einfaltung jener Schicht bestand, die sich zentripetal erweiterte und von der die Bildung der Trennwand ausging. MOHL versuchte nun herauszufinden, ob bei der Bildung von Phanerogamenzellen ähnliches zu beobachten sei und fand in den Kambiumzellen auch Hinweise für einen analogen Prozeß, wenn er auch den Nachweis nicht mit letzter Sicherheit geführt sah. Wegen der besonderen Rolle, die er dieser Schicht bei der Zellentstehung zuschreiben zu müssen glaubte, gab er ihr den Namen "Primordialschlauch". Obwohl er selber seine Untersuchungen, insbesondere im Hinblick auf die Rolle des Primordialschlauches bei der Zellteilung, noch nicht zu letzter Reife gediehen sah, publizierte er 1844 diesen vorläufi-

gen Stand der Erkenntnis, da inzwischen auch andere Algenforscher¹³¹⁾ auf jenen Gegenstand aufmerksam zu werden begannen.

Im Sommer des Jahres 1845 widmete MOHL sich vornehmlich der Untersuchung der Entwicklungsgeschichte der Phanerogamenzellen, wobei er vor allem die Veränderungen des Zellinhaltes beobachtete. In der Publikation¹³²⁾ eines Teils seiner Ergebnisse im folgenden Jahre benennt er erstmals die "zähflüssige, mit feinen Körnchen gemengte, ungefärbte Masse", die regelmäßig den Inhalt der jungen Zellen ausfüllt, mit dem Namen "Protoplasma", da sie "überall, wo Zellen entstehen sollen, den ersten, die künftigen Zellen andeutenden festen Bildungen vorausgeht." Während SCHLEIDEN im "Schleim" den Hauptbestandteil seines "Cytoblastems"¹³³⁾ sah, worin ihm NÄGELI folgte, hatte MOHL erkannt, daß es sich beim Pflanzenschleim um eine "vom Protoplasma himmelweit verschiedene Substanz" handelt, da sich das Protoplasma stets als eiweißhaltig erwiesen hatte. Damit schien ihm die Wahl eines eigenen Begriffes für jenen nichtwässrigen Teil des Zellinhaltes unabdingbar.

MOHL stellt nun die Veränderungen, die das Protoplasma bei der Entwicklung der Zelle erfährt, dar: in den jüngsten Zellen erfüllt es den relativ schmalen Raum zwischen Kern und Zellwand vollkommen. Beim Heranwachsen der Zelle behält der Kern meist seine zentrale Lage, während sich im Protoplasma die Safträume auszubilden beginnen. Aus der genaueren Beobachtung der raschen Veränderlichkeit der Plasmaströmung wie auch der Vakuolen schließt MOHL, daß sie nicht durch eine Membran gegeneinander ab-

gegrenzt sind. Zuletzt bleibt das Protoplasma nur noch als dünne Schicht auf der Zellwand zurück, wobei dann auch der Kern wandständig wird, sofern er noch nicht resorbiert wurde, oder es bildet einen netzartigen Überzug auf der Zellwand, bevor es vollständig verschwindet.

Obwohl MOHL genau erkannte, daß die vom perinuklearen Plasma ausgehenden Stränge direkt in die Wandschichten des Protoplasmas übergehen und beide Teile auch in ihren chemischen Eigenschaften keinerlei Unterschiede erkennen lassen, glaubte MOHL, am Begriff des "Primordialschlauches" festhalten zu müssen. Einen Hinweis auf die relative Eigenständigkeit der Wandschicht sah er darin, daß diese stets frei von Chlorophyllkörnern ist. Sie nimmt im Gegensatz zu der ihr innen anliegenden Körnerschicht nicht an der Strömung des Protoplasma¹³⁴⁾ teil. Vor allem aber beobachtete MOHL, daß jene beiden Schichten sich bei der Teilung der Algenzellen teilweise oder vollständig voneinander zu lösen vermögen, wobei die Duplikatur, von welcher die Scheidewand gebildet wird, allein jener äußeren Schicht angehört. MOHL glaubte daher nach wie vor von jener Wandschicht, die er allerdings ebenso wenig wie die Vakuolen durch eine eigene Membran vom übrigen Plasma abgegrenzt sah, es dürfe ihre "Selbstständigkeit als besonderes Organ nicht in Zweifel gezogen werden." Diese Selbstständigkeit schien ihm neben der besonderen Rolle, die der Primordialschlauch bei der Zellteilung spielen sollte, vor allem auch daraus hervorzugehen, daß er häufig auch in nicht kernhaltigen Zellen¹³⁵⁾ anzutreffen ist.

Im Jahre 1854 widmete PRINGSHEIM eine recht umfang-

reiche Schrift (65) praktisch ausschließlich der Kritik von MOHLS Ansichten über den Primordialschlauch, welche sich im Kern vor allem gegen die Zuordnung jenes Gebildes zum protoplasmatischen Inhalt der Zelle richtete. Die "Hautschichte des Plasma", die auch er deutlich von der inneren "Körnerschicht" zu unterscheiden vermag, betrachtet er als Teil der Zellwand. Er sieht in ihr "diejenige Substanz, aus welcher unmittelbar die Zellwand gebildet wird", spricht von der "directen Umwandlung des Primordialschlauches in die Zellstoffwand" und sieht in ihm zuletzt nichts anderes "als die jüngste Zellstoffschichte selbst", wobei ihn auch nicht anfißt, daß er dort niemals Zellulose nachzuweisen vermag. Dagegen erscheint ihm "die Annahme einer Secretion des Zellstoffes durch den Primordialschlauch an seiner äusseren Fläche als eine nicht nur unnöthige, sondern sogar als eine falsche Hypothese."

Obwohl MOHL bereits zehn Jahre zuvor bei der Widerlegung¹³⁶⁾ von HARTINGS Vorstellungen über den Bau der Zellwand nachgewiesen hatte, daß der Primordialschlauch eindeutig nicht Bestandteil der Zellwand sondern des Zellinhaltes ist, sah er sich zu einer Replik¹³⁷⁾ veranlaßt. In dieser weist er nicht nur nochmals nachdrücklich auf die besondere Bedeutung des Protoplasmas für die Lebensfunktionen der Zelle hin, sondern erwähnt hier auch ausdrücklich die weitgehende Übereinstimmung mit der Sarcode, also dem tierischen Protoplasma, worauf auch UNGER schon hingewiesen hatte. Zugleich entwickelte er seine Ansichten über die von ihm vermutete, von der Zellwand völlig verschiedene, äußere Membran des Zellinhaltes weiter, für die er die Bezeichnung "Pellicula" vor-

schlägt. Deutliche Hinweise für deren Existenz sieht MOHL einmal in reversiblen osmotischen Effekten, die er am Protoplasma studieren konnte, zum anderen in den bei der Untersuchung der Schwärmsporen der Algen gewonnenen Erkenntnissen. Jene Sporen, in denen MOHL zwar stets den Primordialschlauch, niemals jedoch Zellulose nachzuweisen vermochte, zwingen wegen ihrer definierten Form, die meist von der Kugelgestalt abweicht, zu der Annahme einer äußeren Haut. Während PRINGSHEIM sich mit der Vorstellung von der Existenz solch "nackter Zellen" gar nicht befreunden mag und ihnen kurzerhand eine Zellstoffmembran zudiktiert, vermutet MOHL, "dass die Sporenhaut eher mit der Substanz tierischer Gebilde als mit der Cellulose verwandt" sei. Da es MOHL trotz äußersten Bemühens mit den ihm zu jener Zeit zur Verfügung stehenden Mitteln nicht möglich war, die eigentliche Zellmembran als abgrenzbare Schicht sicher nachzuweisen, glaubte er sich mit der Annahme einer irgendwie verfestigten oder verdichteten Randschicht mit den Eigenschaften einer Membran begnügen zu müssen. Diese Vorstellung hat praktisch unverändert in Max SCHULTZES Zelldefinition Eingang gefunden.¹³⁸⁾

DIE ENTSTEHUNG DER ZELLE.

Während nach den älteren Auffassungen,¹³⁹⁾ die in der Zelle vor allem einen durch eine Wand begrenzten Hohlraum sahen, die Zellen dadurch entstehen sollten, daß eine anfangs plastische Grundsubstanz durch das Einströmen des Saftes quasi wie ein gärender Brotteig auseinandergetrieben wird, führte die Erkenntnis von den festen Gebilden des Zellinhaltes erstmals zu Theorien über die Bildung von Zellen in Zellen. Allerdings lagen solche Vorstellungen, wie die von SPRENGEL, L.C. TREVIRANUS, RASPAIL und TURPIN entwickelten, die in den Stärke- oder Chlorophyllkörnern Vorstufen der Zellentwicklung sahen, aus denen durch deren Heranwachsen neue Zellen entstehen sollten, noch weit von der Wirklichkeit entfernt.

Einen ersten greifbaren Hinweis auf den wirklichen Modus der Zellentstehung fand MOHL 1828 bei der Untersuchung von Kryptogamen. Bei verschiedenen Lebermoosen und Bärlapp beschrieb und zeichnete er erstmals die Sporentetraden.¹⁴⁰⁾ Eingehender befaßte er sich damit jedoch erst, nachdem er bei seinen Arbeiten für die Pollenmonographie (4) in den Jahren von 1831 bis 1833 auch dort auf ähnliche Erscheinungen gestoßen war. Jene sehr umfangreiche Schrift über die Pollenkörner sollte den Auftakt einer größeren Reihe der "Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse" bilden, wobei MOHL hoffte, anknüpfend an die Untersuchungen von BROWN, AMICI und BRONGNIART der Aufklärung der Befruchtungsvorgänge bei den Phanerogamen näher kommen zu können. Er hatte sich mit der Masse des Untersuchungsmaterials dabei jedoch derart übernommen, daß er praktisch in den

Präliminarien steckenblieb. Erst ein Dezennium später sollte er dann in der Auseinandersetzung mit SCHLEIDEN auf dieses ursprüngliche Thema zurückkommen.

BRONGNIART¹⁴¹⁾ hatte bereits 1827 angegeben, daß sich die Pollenkörner aus dem Inhalt der "Parenchymzellen" in den Loculamenten der Antheren bilden, die Einzelheiten jenes Vorganges jedoch noch nicht gesehen. MOHL¹⁴²⁾ gelang es nun zu erkennen, daß der Pollenbildung die äquale Teilung der Mutterzelle und die anschließende Resorption von deren Zellwand zugrunde liegt, was er in knappen Worten so beschreibt: "Im frühesten Zustande sieht man den körnigen Inhalt dieser Zellen in vier Klümpchen vertheilt; bei weiterer Entwicklung liegen an der Stelle derselben vier Pollenkörnchen, die mehr oder weniger fest aneinander hängen. Später trennen sich die Pollenkörner von einander, und liegen, wenn endlich die sie einschliessenden Zellen verschwunden sind, frei in der Höhlung der Anthere."

Im Gegensatz zu BRONGNIART, der Pollenkörner in wechselnder Anzahl vorfindet, entdeckt MOHL stets vier in einer Mutterzelle. Sie sind selten in einer Ebene neben einander, in der Regel tetraedrisch gelagert und lassen sich bei einzelnen Arten oder Gattungen, etwa den Orchideen, nicht von einander trennen. In den wenigen davon abweichenden Fällen findet er stets als "Zahl der miteinander verwachsenen Körner ein Multiplum von vier", was ihm "merkwürdig" vorkommt.

Ebenso sei es "in höchstem Grade merkwürdig, daß die Pollenkörner in Hinsicht auf die Art ihrer Entwick-

lung in später wieder verschwindenden Zellen, in Hinsicht auf die Zahl der in einer Zelle sich entwickelnden Körner, so wie in Hinsicht auf ihren Bau vollkommen mit den Sporen der höheren Cryptogamen übereinstimmen." Auf diesen Punkt geht MOHL in seiner Schrift¹⁴³⁾ über die "Sporen der cryptogamischen Gewächse" näher ein. Er verweist auch hier ausführlich auf die weitgehende Analogie in Bau und Entstehungsweise zwischen dem Pollen der Phanerogamen und den Sporen der Kryptogamen, kann sie jedoch unter Hinweis auf die allein den Sporen vorbehaltene Keimung nicht als identisch ansehen. Anders AGARDH,¹⁴⁴⁾ der obendrein die Sporen der verschiedenen Kryptogamen einer vollkommen willkürlichen Trennung unterwirft und sie teils mit nackten Embryonen, teils mit Pollen identifiziert. MOHL kann sich nur wundern, warum AGARDH "die offen daliegende Analogie zwischen diesen Gebilden übersehen und ohne hinreichende Gründe naturwidrige Trennungen geschaffen" hat. Da er sich dessen Ansicht, die Entwicklung des Prothalliums, welches AGARDH obendrein noch als eine Alge ansieht, sei der Ausbildung der Pollenröhre gleichzusetzen, durchaus nicht zu eigen machen kann, bleibt nur die Folgerung, "dass die Sporen, ob sie gleich in Hinsicht auf ihre Entwicklung und ihren Bau die größte Ähnlichkeit mit den Pollenkörnern der Phanerogamen zeigen, dennoch durch ihre gänzlich abweichende Lebensstätigkeit sich als ein von den Pollen verschiedenes Organ beurkunden."

Um den Nachweis führen zu können, daß jene Kryptogamensporen ebenso wenig, wie vielfach angenommen, mit den Samen der Phanerogamen identisch sind, hielt er es für notwendig, "dieselben in den ersten Stadien ihrer Entwicklung zu untersuchen". Dies gelang

ihm, trotz der Schwierigkeiten, die die außerordentliche Feinheit des Untersuchungsobjektes boten, insbesondere bei *Anthoceros* und *Riccia glauca*. Dort "ist das kugelförmige, aus gestreckten, dünnwandigen, mit Chlorophyllkörnern gefüllten Zellen gebildete ... Sporangium in den frühen Stadien mit kugelförmigen, aus einer dünnen, wasserhellen Membran gebildeten Zellen angefüllt. Diese Zellen enthalten eine weisse, bei durchscheinendem Lichte trübliche, körnige Flüssigkeit. Später sondert sich diese körnige Masse in 4 Parthien, von denen sich jede mit einer zarten Haut umkleidet." Es folgt die Beschreibung der Ausbildung der äußeren Form in der Tetrade, des Verschwindens der Mutterzelle und der Ausbildung der Sporenhaut. Hinweise auf einen analogen Vorgang findet er bei weiteren Lebermoosen, Torfmoosen, einer größeren Zahl von Farne sowie einer Reihe anderer Kryptogamen. In allen Fällen findet er die Zahl von jeweils vier zusammenliegenden Sporen, wovon nur die Flechten, wo er - teils sehr große - Vielfache dieser Zahl antrifft, eine Ausnahme bilden.

Bei der Beobachtung einer *Oscillatoria*¹⁴⁵⁾ im Herbst 1828 hatte MOHL bereits einen ersten Hinweis auf eine dem ersten Augenschein nach völlig andere Art der Zellbildung erhalten. An Stellen, wo einzelne Algenfäden zerrissen waren, sah er daß sie "nun ein neues Glied treiben, welches durchsichtiger als die übrigen ist", wobei er anmerkt, daß es sich bei den Gliedern des Algenfadens um einzelne Zellen handelt.

In größerem Umfang hat MOHL seine Algenbeobachtungen erst im März und April des Jahres 1834 wieder aufgenommen, wobei MOHL gleich zu Anfang wiederum die

Zellteilung bei *Oscillatoria* beobachtete. Deutlicher sieht er ihn dann bei verschiedenen *Conferven*, wo er die vorangehende Vergrößerung der Zelle - bei den Endzellen durch Verlängerung, bei den mittleren durch seitliches Auswachsen - und die Bildung der Scheidewand beobachtet. Nachdem er den Prozeß der Zellteilung bei einer größeren Zahl von *Conferven*,¹⁴⁶⁾ bei *Oscillatorien*, *Rivularien* und *Zygnemen* beobachtet hatte, veröffentlichte er die Ergebnisse im Jahre 1835 in einer kurzen Schrift¹⁴⁷⁾ mit dem Titel: "Ueber die Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung". Darin beschreibt und zeichnet er den Teilungsvorgang, insbesondere die Ausbildung einer queren Scheidewand durch irisblendenartiges Einwachsen ausführlich am Beispiel der *Conferva glomerata*.

Angedeutet findet sich dieser Vorgang der Zellteilung¹⁴⁸⁾ bei *Conferven* auch bei DUMORTIER 1832 (24): "La cellule terminale s'allonge plus que celles inférieures; alors il s'opère dans le fluide inférieur une production médiane, qui tend à diviser la cellule aux deux parties dont l'inférieure reste stationnaire, tandis que la terminale s'allonge de nouveau, produit encore une nouvelle cloison médiane." MOHL scheint jene Schrift, die nur geringe Verbreitung und Anerkennung erfuhr, nicht gekannt zu haben. Diese Darstellung DUMORTIERS ging auch nicht über das hinaus, was MOHL schon 1828 gesehen hatte.

Nachdem das Vorkommen der Zellteilung bei einer Reihe von Fadenalgen mit Sicherheit nachgewiesen war, drängte sich die Frage¹⁴⁹⁾ auf, ob die Zellteilung auch bei anderen, insbesondere höheren Pflanzen eine Rolle spielen könnte. ROEPER, dem MOHL seine Entdeckung umgehend mitgeteilt hatte, warf auch so-

gleich jene Frage auf, worauf ihn MOHL recht lakonisch beschied: "Dass die Zellen bei den Phanerogamen entstehen, wie bei den Conferven, glaube ich nicht, wie sie sich bilden, weiss ich nicht." Auch in seiner Abhandlung bemerkt MOHL, daß die von ihm beschriebene Form der Zellenvermehrung möglicherweise auf niedere Pflanzen beschränkt sei und bei den Phanerogamen nicht vorkomme. Er betont jedoch: "Späteren Untersuchungen muss es vorbehalten bleiben, nachzuweisen, wie weit diese Entstehungsweise der Zellen im Pflanzenreiche verbreitet ist, ob sie auch bei höheren Gewächsen und in welchen Organen derselben sie vorkomme."¹⁵⁰⁾

Bestärkt fühlen in seiner Zurückhaltung mußte sich MOHL durch die von MIRBEL aufgestellte Theorie der Zellbildung, die auf drei verschiedene Arten von-statten gehen sollte. Er unterschied ein *développement intrautriculaire*, *interutriculaire* und *superutriculaire*. MIRBEL hatte sich in seiner *Marchantia-Monographie*(56), wo er jene Theorie formulierte, als glänzender Beobachter erwiesen und mit der sehr ausführlichen Beschreibung der Pollenbildung beim Kürbis zum ersten mal wirklich einen Vorgang der Zellbildung beschrieben, der als Beispiel für den *développement intra-utriculaire* gelten durfte.

So glaubte auch MOHL anfangs keinerlei Anlaß zu haben, an MIRBELS Theorie zu zweifeln und stellte die Zellteilung als weiteren Modus daneben, indem er ausführt, "dass ausser den von Mirbel angegebenen Wegen die Vermehrung der Zellen auch noch durch Theilung der schon entwickelten Zellen vor sich gehe." Die gleiche Darstellung gibt MOHL auch noch im Winter 1837, wo er als Arten der Zellentstehung

immer noch die Zellteilung als vierte neben den drei von MIRBEL genannten anführt.¹⁵¹⁾ Wirklich beobachtet war von diesen dreien aber nur die Bildung von Zellen in Zellen bei dem oben erwähnten Beispiel, auch wenn MOHL noch 1836 die Bedeutung der von ihm entdeckten Interzellulärsubstanz MIRBEL gegenüber mit dem Hinweis unterstrich: "hat man nicht diese als den Grund und Boden zu betrachten, in dem alle neuen Bildungen (in so ferne sie nicht in der Höhlung von Zellen in der Zellenflüssigkeit entstehen) sich entwickeln?"¹⁵²⁾

Zu jenem Zeitpunkt hatte MOHL bereits sein Interesse auf die Untersuchung der Zellentstehung in den Bildungsgeweben der Phanerogamen gerichtet. In seiner zur gleichen Zeit erschienenen Schrift¹⁵³⁾ über die Rinde der baumartigen Dikotylen beschreibt er Form, Größe und Anordnung der Zellen des Korkes und des von ihm entdeckten Korkkambiums sehr genau, zieht jedoch keine Schlußfolgerung im Hinblick auf jene Fragestellung daraus. Auch das Kambium muß er zu jener Zeit bereits genau untersucht haben,¹⁵⁴⁾ da er sich 1837 bereits vollkommen sicher darüber ist, daß das Kambium in allen Teilen und allen Stadien seiner Entwicklung zellulär organisiert ist, während MIRBEL noch zwei Jahre später die erste Stufe der Entwicklung des Kambiums in einer dem Gummi arabicum ähnlichen Masse sieht, die erst in fortgeschrittenen Stadien eine Zellenstruktur erkennen läßt. Lage und Form der Kambiumzellen, sowie die relativen Größen und Wandstärken mußten zwar die deutlichsten Hinweise auf eine Zellvermehrung durch Zellteilung geben, doch ließ sich jener Vorgang nicht im entferntesten mit der gleichen Deutlichkeit schrittweise verfolgen wie die Bildung des Pollens

oder die Teilung der Algenzellen. Im Gegensatz zu dem sehr viel unbekümmerteren UNGER, dem diese Hinweise bereits genügten, um 1840 den Satz auszusprechen, "daß das Wachstum des Holzkörpers auf einer fortwährenden Theilung der Cambiumzellen beruhe", glaubte MOHL wohl 1837, den schlagenden Beweis dafür noch nicht in Händen zu halten.

Im folgenden Jahre trat nun SCHLEIDEN mit seiner Theorie der Zellbildung¹⁵⁵⁾ auf, die MOHL vor allem im Hinblick auf die mögliche Rolle, die die Zellteilung bei den höheren Pflanzen spielen könnte, sehr verunsichern mußte. SCHLEIDEN hatte an einer großen Zahl von Blütenpflanzen die Entwicklung des Embryosackes studiert und glaubte gefunden zu haben, daß sich durch Zusammenfließen von Schleimkörnchen im halbflüssigen Zellinhalt zuerst die Nukleoli und um diese herum dann die Kerne, die "Cytoblasten", bildeten, um welche herum sich dann die Schleimmasse verdichten sollte. Zuletzt umgaben sich die so frei in der Höhle des Embryosackes entstandenen Zellen mit einer sich später verdickenden Zellwand.

Zwar hatte SCHLEIDEN seine Theorie fast ausschließlich auf die Untersuchung jenes Einzelfalles gegründet, doch war an der Beobachtung selber wenig auszusetzen, und SCHLEIDEN verstand es sehr wohl, durch Betonung der Analogie und die geschickte Interpretation verschiedener Einzelbeobachtungen anderer der von ihm beschriebenen Art der Zellbildung den Anstrich allgemeiner Verbreitung zu geben. Daß dabei auch SCHLEIDEN noch unter MIRBELS Einfluß stand, zeigt sich darin, daß er nunmehr seine Theorie mit MIRBELS "développement intracellulaire" gleichzusetzen suchte, indem er feststellt, "dass beim gan-

zen Wachsthum der Pflanze sich stets nur Zellen in Zellen bilden."

Unter den fatalen Einfluß von SCHLEIDENS Zellbildungstheorie, durch welche, wie MOHL später selber beklagt, "die ganze Lehre von der Entwicklungsweise der Zellen in eine vielfach falsche Bahn gedrängt wurde",¹⁵⁶⁾ geriet MOHL gerade zu dem Zeitpunkt, wo er den sicheren Nachweis zu führen vermochte, daß die Zellteilung auch bei den höheren Pflanzen vorkommt. In jenem Jahre 1838 hatte MOHL nämlich erstmals den vollständigen Teilungsvorgang bei Phanerogamenzellen über alle Zwischenstufen verfolgen können, als er die Entstehung der Spaltöffnungen an den Blättern der Hyazinthe beobachtete.¹⁵⁷⁾ Er sah, wie sich in den Vorläuferzellen "der körnige Inhalt zu einer kuglichen Masse zusammenballt, welche jedoch häufig nicht scharf begrenzt ist. Zugleich bildet sich in der Mitte der Zelle, in der Längenrichtung des Blattes eine Scheidewand, Diese ist anfänglich nur sehr leicht angedeutet, bald aber sind die Linien, welche sie begrenzen, dann so deutlich sichtbar, als die Linien, welche die Seitenwandungen der Zellen bezeichnen. Nun beginnt diese Scheidewand doppelt zu werden; ihre beiden Blätter treten in der Mitte auseinander, wodurch die erste Andeutung der Spaltöffnung selbst gegeben, und die ursprünglich einfache Zelle in die beiden Porenzellen gespaltet ist."

Der nüchternen Beschreibung des Vorganges fügt MOHL nichts hinzu; es findet sich weder ein Hinweis auf die von MOHL früher beschriebene Teilung der Allgenzellen noch unterstreicht MOHL die Bedeutung der Entdeckung eines solchen Vorganges bei einer höhe-

ren Pflanze, geschweige, daß er allgemeine Schlüsse daran geknüpft hätte. Da es MOHL nicht sogleich gelang, bei den Phanerogamen weitere Untersuchungsobjekte zu finden, an denen sich dieser Vorgang ebenso deutlich hätte verfolgen lassen, kam er fürs erste wieder auf seine früheren Untersuchungen an Kryptogamen zurück.

Um Differenzen, die in einzelnen Punkten mit MIRBEL aufgetreten waren, auszuräumen, untersuchte MOHL im Jahre 1839 nochmals mit geradezu akribischer Genauigkeit den Vorgang der Sporenbildung exemplarisch bei *Anthoceros laevis*,¹⁵⁸⁾ wobei er hier noch stärker als in der zuvor genannten Arbeit sein Augenmerk vor allem auf die Veränderungen des Inhaltes, insbesondere des Kernes der Mutterzelle, beim Teilungsvorgang richtete. Die dort gegebene überaus minutiöse Beschreibung und Abbildung bewogen schon HEIDENHAIN¹⁵⁹⁾ zu der Annahme, "daß dem Autor Mitosebilder vorgelegen haben." MOHL fand jedenfalls mit Sicherheit, daß die Teilung des Zellinhaltes mit der Entstehung der "Körnerzellen" abgeschlossen ist, bevor die Ausbildung der Scheidewände beginnt, indem sich schmale Leisten an der Innenseite der Wand der Mutterzelle bilden, von denen aus die Scheidewände nach innen wachsen. Erst dann bildet jede Spore eine eigene Sporenhaut. Vor allem ist MOHL darüber verblüfft, daß "die Scheidewände aus der Wandung der Mutterzelle hervorsprossen und sich in ihrer Entstehung nach der Lage der Körnerzellen richten, welche in keinem organischen Zusammenhange mit der Mutterzelle stehen." Wenn er dafür auch keine Erklärung anzubieten vermag, so glaubt er sich doch berechtigt, den Schluß abzuleiten, "dass nicht die Entstehung der vier oder sechs Scheidewände Ver-

anlassung zur Bildung von vier Sporen giebt und die ganze Bildung der Sporen von der Membran der Mutterzelle ausgeht, sondern dass im Gegentheile die Scheidewände erst eine Folge der Entwicklung des Inhaltes der Mutterzelle sind."160)

Damit hatte MOHL nicht nur einen wichtigen Schritt über den Stand der Erkenntnis bei MIRBEL hinaus getan sondern auch über den MEYENS, der in seiner "Physiologie" (54) versuchte, den Vorgang der Tetradenteilung bei der Pollen- und Sporenbildung mit der Zellteilung bei den niederen Kryptogamen unter dem Begriff der "Selbsttheilung" zusammenzufassen. Den in allen Fällen zugrundeliegenden primären Vorgang sah er dabei in der Bildung von ausseiwachsender Scheidewände, die den gänzlich passiven Zellinhalt quasi mechanisch zerteilen sollten.

MOHL wandte sich nun abermals der Untersuchung der Teilungsvorgänge bei Algenzellen zu. Nachdem er anfangs das ganze Gewicht bei der Beobachtung auf die Klärung der Frage, wie sich die Scheidewand ausbildet, gelegt hatte, galt sein besonderes Interesse nun dem Schicksal des Zellinhaltes bei der Teilung. Da er bereits früher die Kontraktion einer vom wässrigen Zellsaft verschiedenen schleimigen Schicht an der Innenseite der Zellwand bei Zugabe verschiedener Reagenzien beobachtet hatte, untersuchte er nun den Teilungsvorgang unter deren Zuhilfenahme. Als Ergebnis langwieriger Beobachtungen zeigte sich auch hier, daß nicht die Ausbildung der Scheidewand den primären Prozeß darstellt, sondern die Teilung von einer Einschnürung jener "Schleimschicht", die MOHL wegen eben dieser Rolle mit dem Namen des

"Primordialschlauches" belegte, ihren Ausgang nahm. Die Trennwand bildete sich erst nachfolgend als Abscheidungsprodukt jener Duplikatur.

MOHLS Versuch, einen analogen Vorgang bei der Vermehrung der Phanerogamenzellen nachzuweisen, erwies sich als ungleich schwieriger. Zwar gelang es ihm regelmäßig, den "Primordialschlauch" in den Kambiumzellen aufzufinden, er glaubte sogar mit einiger Sicherheit zwei bereits getrennte "Primordialschläuche" in einer Zelle noch vor Ausbildung einer Scheidewand beobachtet zu haben, doch konnte er niemals Zwischenstufen, die für ein Einwachsen der Scheidewände von der Peripherie her charakteristisch gewesen wären, auffinden. Dies abzutun gelang ihm nicht mit jener Leichtigkeit, mit der UNGER später seine Beobachtungen an Tradescantiazellen¹⁶¹⁾ kommentierte: "Eine Einstülpung des Primordialschlauches, so wie die Entstehung der Scheidewand auf halb fertiger Stufe habe ich nicht bemerken können; es muss diess also sehr rasch vor sich gehen."

UNGER, der bereits 1840 die Zellteilung im Kambium postuliert hatte, führte seine Argumente in einer Publikation des folgenden Jahres¹⁶²⁾ näher aus, wobei er unter anderem anmerkt: "Ebenso wenig ... habe ich je eine Entwicklung der Zellkerne beobachten können, daher ich im Ganzen ... mehr mit den Ansichten des Herrn Mohl sympathisire als mit jenen, welche Herr Schleiden zu begründen suchte."

Wenn auch MOHL im Hinblick auf die anderen Argumente UNGER zugesteht, er lege "mit Recht ein grosses Gewicht" darauf, so sieht er sich aufgrund seiner eigenen genaueren Beobachtung¹⁶³⁾ in jenem Punkt ge-

nötigt zu erklären: "Ich kann ... dieser Angabe nicht beistimmen." Da er einen Kern stets auch in den jüngsten Kambiumzellen mit Sicherheit nachzuweisen vermag, scheint ihm der Schluß unvermeidlich, daß "die Bildung des Primordialschlauches bei den Gefäßspflanzen immer mit Nucleusbildung in Verbindung steht." Da ein solcher Kern bei den Conferven niemals aufzufinden ist, andererseits die dort sichtbare "Zusammenschnürung des Primordialschlauches" bei den Zellen der Phanerogamen nicht zu beobachten ist, neigt MOHL noch 1844 der Annahme zu, es handele sich in beiden Fällen um einen "wahrscheinlich gänzlich verschiedenen Vorgang", wobei er noch hinzufügt: "Im Ganzen genommen glaube ich in den vorausgehenden Beobachtungen nur eine Bestätigung der Schleidenschen Theorie über Zellbildung finden zu müssen."

Ein völliges Umdenken läßt sich erst Anfang 1847 anhand eines Briefes¹⁶⁴⁾ an AMICI nachweisen. Die Ergebnisse jener dort angekündigten Untersuchungen über die Bildung des Peridermas, wo er endlich den unwiderleglichen Beweis, daß die Zellen dort allein durch Teilung entstehen, führen zu können glaubte und SCHLEIDENS Vorstellungen in diesem Punkt erstmals einer schonungslosen Kritik unterzieht, publizierte MOHL dann 1849. Damit setzte MOHL gleichsam einen Schlußpunkt, nachdem bereits in den Jahren zuvor vor allem NÄGELIS Arbeiten¹⁶⁵⁾ Stein um Stein aus dem Gebäude der SCHLEIDENSCHEN Theorie gebrochen hatten.

Einerseits war damit ein gewisser Abschluß erreicht, andererseits aber auch der Weg eröffnet für die Erforschung der Kernteilung, welche die verschiedenen Arten der Zellteilung später in ganz neuem Lichte

erscheinen lassen sollte. Während NÄGELI anfangs gerade in diesem Punkte SCHLEIDEN noch stark verhaftet war, hatte MOHL schon 1845 eine deutliche Beschreibung¹⁶⁶⁾ der Kernteilung gegeben. Neben jener Darstellung der Vorgänge bei der Entstehung der Spaltöffnungszellen existieren noch unveröffentlichte Zeichnungen¹⁶⁷⁾ aus jener Zeit, die die Kernteilung in den Zellen von Staubfadenhaaren bei *Tradescantia*¹⁶⁸⁾ zeigen. MOHL hat dabei verschiedene Teilungsstadien, insbesondere wohl die Bildung der Äquatorialplatte beobachtet.

Dennoch herrschte bei MOHL - ebenso bei HOFMEISTER - auch später noch die Auffassung¹⁶⁹⁾ vor, daß sich die Kerne in neu gebildeten Zellen meist quasi durch Verdichtung von Teilen des Protoplasmas de novo bilden: "Die zweite Entstehungsweise eines Kernes durch Theilung eines bereits vorhandenen in der Mutterzelle liegenden Kernes scheint weit seltener, als Neubildung desselben zu sein, indem sie bis jetzt nur in wenigen Fällen ... von mir, Nägeli und Hofmeister beobachtet wurde; möglicherweise ist aber auch dieser Vorgang ein sehr verbreiteter, indem wir ... von der Entstehung der Kerne noch sehr wenig unterrichtet sind."

Obgleich augenscheinlich MOHL ebenso wie HOFMEISTER verschiedentlich Kernteilungsfiguren¹⁷⁰⁾ beobachtet hatte, vermochten beide noch nicht, das richtige Verständnis für jene Vorgänge zu entwickeln. Erst ein Vierteljahrhundert später sollte STRASBURGER jener gewaltige Schritt nach vorn, den die genauere Kenntnis der Kernteilungsvorgänge für die Zellenlehre bedeutete, gelingen.

MOHL UND SCHLEIDEN.

Während den zeitgenössischen Autoren die Publikationen und besonderen Verdienste der einzelnen Forscher noch gegenwärtig waren, zeigte sich mit fortschreitender zeitlicher Entfernung bereits gegen Ende des vorigen Jahrhunderts im Hinblick auf die Entstehungsgeschichte der Zellenlehre häufig eine verkürzte oder schiefe Sicht. Des öfteren werden dabei SCHLEIDEN, oder aber SCHLEIDEN und SCHWANN gemeinsam als die Begründer der Zellenlehre schlechthin dargestellt, welche Angabe sich in weniger anspruchsvollen historischen Betrachtungen auch heute noch findet, obwohl im Laufe der Zeit eine ganze Reihe von Darstellungen erschienen sind, die zu einer differenzierteren Würdigung¹⁷¹⁾ der einzelnen Beiträge gelangen, wobei SCHLEIDENS Verdienste sich in diesem Punkt als weniger herausragend erweisen. So fiel bereits HEIDENHAINS Urteil¹⁷²⁾ überaus deutlich aus, der im Hinblick auf den Zeitpunkt des Erscheinens der "Beiträge zur Phytogenesis" im Jahre 1838 anmerkt, "daß in der Botanik damals die Zellentheorie der Gewebe bereits völlig ausgearbeitet vorlag und dass in Bezug auf die Zelle selbst ein massenhaftes Tatsachenmaterial bekannt geworden war. Es ist notwendig dies zu betonen, weil unbegreiflicherweise in vielen anatomischen und physiologischen Lehr- und Handbüchern unserer Tage Schleiden fälschlicherweise als Entdecker der Pflanzenzelle gepriesen wird, ein Verdienst, das ihm nicht im geringsten zukommt."

In der Tat hatte SCHLEIDEN jenes Verdienst auch gar nicht für sich reklamiert. Jene häufig zitierte Arbeit war vielmehr mit dem Anspruch aufgetreten, eine einheitliche Entwicklungsgeschichte des pflanzli-

chen Organismus zugleich mit der seines Grundbausteines, der Zelle, geben zu können. SCHLEIDEN glaubte, in jener Schrift endlich die abschließende Antwort auf diese scheinbar letzte offene Frage geben zu können, welche die Gemüter ersichtlich schon seit längerem bewegte. Die Hinwendung zur Entwicklungsgeschichte pflanzlicher Gewebe und Zellen taucht an verschiedener Stelle bereits in den Arbeiten von TREVIRANUS, MIRBEL, MOHL und anderen auf, die dadurch manch bemerkenswerten Erkenntnisfortschritt zu erzielen vermochten. Auch an die Frage nach der Entstehung des Phanerogamenembryos und den vorangehenden Befruchtungsvorgängen hatte MOHL sich bereits heranzutasten versucht und mit seiner aufwendigen Pollenmonographie (4) einen Schritt in jene Richtung zu unternehmen versucht, jedoch die immensen Schwierigkeiten, die sich der mikroskopischen Beobachtung dort entgegenstellten, bald erkannt und von einer weiteren Verfolgung dieses Planes Abstand genommen.

SCHLEIDEN jedoch, dessen Onkel, der Berliner Botanikprofessor HORTEL, ihn auf jenes Gebiet hingewiesen und zugleich umfangreiche Vorarbeiten geleistet hatte, glaubte sich der Aufgabe gewachsen. Bei der Beobachtung der Befruchtungsvorgänge und der sich anschließenden Entwicklung des Embryos der Phanerogamen vermeinte er, zugleich den Ablauf der Befruchtung und die Art der Zellentstehung vollkommen aufgeklärt zu haben. Dies jedoch sollte sich als doppelter Irrtum erweisen. Bevor allerdings eine endgültige Widerlegung jener Auffassungen möglich wurde, strahlte SCHLEIDENS Stern durch die Herausgabe seiner "Grundzüge", insbesondere durch die Art, wie er die Probleme anging, Überholtes schonungsloser

Kritik unterzog und mit dem Aufwerfen neuer Fragestellungen der Wissenschaft seiner Zeit den Weg zu weisen suchte, erst hell auf.

Auch auf MOHL, der schon zu SCHLEIDENS Studienzeiten als führender Mann seines Faches galt, muß dessen Auftreten auf der Bühne der Wissenschaft einen nicht geringen Eindruck gemacht haben. Obwohl MOHLS stets überaus bedächtige und vorsichtige Darstellungsweise in denkbar krassem Gegensatz zu SCHLEIDENS recht forschender Art stand, verbanden sie wesentliche Gemeinsamkeiten: die kompromißlose Ablehnung der Naturphilosophie verbunden mit der Hinwendung zum Experiment, zur induktiven Wissenschaft, und die schonungslose Kritik an allem, was sich als eindeutig falsch und überholt erwiesen hatte. Während es MOHL jedoch in aller Regel vermied, wissenschaftliche Angriffe auch auf die Ebene der persönlichen Auseinandersetzung zu tragen, schoß SCHLEIDEN in dieser Hinsicht mehr als einmal über jedes Ziel hinaus. MOHL, neben Robert BROWN der einzige zeitgenössische Botaniker, der in den "Grundzügen" nur lobende Erwähnung fand, war davon stets ausgenommen, ihm gegenüber fand SCHLEIDEN stets nur Worte höchster Wertschätzung, gelegentlich sogar mit fast devotem Unterton, wie etwa in folgenden Zeilen: "Ich freue mich abermals meinem Freunde Hugo Mohl auf demselben Felde der Forschung freundschaftlich zu begegnen und will mir hier erlauben, einige Bemerkungen hinzuzufügen, indem es mir scheint, dass ich aus denselben Thatsachen und deren nothwendiger Zusammenstellung mit andern etwas andere Resultate gezogen habe als Hugo Mohl."¹⁷³⁾

Doch zeigte sich auch MOHL anfangs SCHLEIDEN gegenüber stets entgegenkommend. So bemühte er sich in

seiner Eigenschaft als Dekan der medizinischen Fakultät im Jahre 1843, SCHLEIDEN, der zu jener Zeit nur den Titel eines "Dr.jur." und "Dr.phil." besaß, rasch und unbürokratisch durch die Verleihung des "Dr.med. h.c." aus der Verlegenheit zu helfen, in die ihn die Forderung der Jenaer Universität nach dem Erwerb jenes Titels gebracht hatte.¹⁷⁴⁾ Als SCHLEIDEN, der zuvor von den Vorzügen seines SCHIEK'schen Mikroskopes über alle Maßen überzeugt schien,¹⁷⁵⁾ Gelegenheit gehabt hatte, sich bei MOHL über die Leistung von dessen neuem AMICI-Mikroskop durch eigenen Augenschein zu überzeugen, war er davon so beeindruckt, daß er gleichfalls ein solches Instrument zu besitzen wünschte. MOHL, der in einem überaus freundschaftlichen Verhältnis zu AMICI stand, zögerte auch nicht, ihn um die Überlassung eines solchen Mikroskopes an den AMICI kaum bekannten SCHLEIDEN zu bitten, wobei er sich eigens für dessen wissenschaftliche Reputation verbürgte.¹⁷⁶⁾ Auf diese Weise gelangte SCHLEIDEN durch MOHLS Vermittlung Anfang 1847 in den Besitz des gewünschten Instrumentes.

Die Abkehr, welche SCHLEIDEN von Mitte der vierziger Jahre an von den von ihm selbst einst so nachdrücklich proklamierten Idealen vollzog, tat seinem Ansehen jedoch auch bei MOHL allmählich Abbruch. Neben dem Beharren auf seiner mißglückten Zellbildungstheorie war es vor allem die Hartnäckigkeit, mit der SCHLEIDEN an seiner falschen Auffassung des Befruchtungsvorganges festhielt, welche MOHL wie die meisten Fachkollegen befremdete. Als SCHLEIDEN diese Lehre¹⁷⁷⁾ erstmals 1837 und ausführlicher 1839 publizierte, fand sie bei nicht wenigen eine positive Aufnahme. AMICI, der sich seit 1821 mit dieser Materie befaßt hatte, gelang es jedoch durch seine

hervorragende Beobachtungsgabe und die ausgezeichneten Instrumente, die ihm zur Verfügung standen, bald, den wahren Sachverhalt zu ergründen.

Dessen erster vollständiger Beschreibung des Befruchtungsvorganges vom Jahre 1842, auf die SCHLEIDEN 1845 zu erwidern suchte, folgte eine ausführlichere Darstellung im Rahmen eines Vortrages auf dem Kongreß in Genua 1846. Anknüpfend an R. BROWN hatte AMICI dort vor allem seine Untersuchungen an verschiedenen Orchideenarten vorgetragen. MOHL, der AMICI um Zusendung des Manuskriptes gebeten hatte und es Anfang 1847 in Händen hielt, übersetzte es unverzüglich und sorgte für dessen Abdruck.¹⁷⁸⁾

Während er hier noch ausdrücklich beteuerte, er sei weit entfernt davon, "vorerst für oder wider die hier aufgestellte Darstellung in die Schranken treten zu wollen", setzte er, nachdem SCHLEIDEN abermals eine "historische Berichtigung" hatte erscheinen lassen, sein bereits AMICI angekündigtes Vorhaben in die Tat um, und unterzog erstmals selber¹⁷⁹⁾ jenen Vorgang an *Orchis morio* einer eingehenden Untersuchung, wobei er in allen wesentlichen Punkten AMICI zu bestätigen vermochte. Damit war über SCHLEIDENS Theorie das endgültige Urteil gesprochen, welches durch die folgenden Arbeiten, vor allem von HOFMEISTER und TULASNE, nur erhärtet wurde. Dennoch unternahm SCHLEIDENS Schüler SCHACHT, der letzte eifrige Verteidiger jener unglücklichen Theorie, im Jahre 1855 nochmals einen vergeblichen Versuch, MOHLS Autorität für SCHLEIDENS Zwecke einzuspannen.

MOHL, der seine Enttäuschung¹⁸⁰⁾ über SCHLEIDEN schon 1850 WAGNER gegenüber ausgesprochen hatte, nennt ihn 1854 mit Bitterkeit "einen Botaniker, der

10 Jahre nichts gethan hat", nur noch dazu geeignet, "mit vielerlei Versen aus Goethe etc. verbrämte, populäre Vorlesungen für den Hof zu halten." MOHLS Arbeiten konnten mit der Brillanz, mit der der vormalige Advokat SCHLEIDEN seine Anschauungen geradezu meisterhaft zu präsentieren verstand, nicht in jedem Falle mithalten. Doch während gerade das, was SCHLEIDEN als großen Wurf hinzustellen versuchte, sich letztlich als Schlag ins Wasser erwies, hielt die Substanz zahlreicher Einzelerkenntnisse, die MOHL dem Gebäude der Zellenlehre beigefügt hatte, der historischen Prüfung stand.

DER GESCHICHTLICHE RAHMEN.¹⁸¹⁾

Robert HOOKE betrachtete 1665 erstmals neben anderen auch pflanzliche Objekte unter dem Mikroskop. Dabei sprang ihm, vor allem an abgestorbenen Teilen wie Kork oder versteinertem Holz, jene durch das Zellwandgerüst gebildete Wabenstruktur ins Auge. Er gab den von einer Zellwand umschlossenen Höhlungen den Namen "cells".¹⁸²⁾ Sehr bald untersuchten GREW und MALPIGHI, ersterer im Auftrage der Royal Society und mit HOOKES Instrument, systematisch den inneren Bau der Pflanzen, wobei sie neben den Zellen Gefäße und Fasern beschrieben und vor allem die Art der Zusammenlagerung jener Teile zu ergründen suchten. Ergänzend zu jenen geschlossenen Darstellungen der Pflanzenanatomie lieferte bald LEEUWENHOEK, dessen selbstgebaute Beobachtungsinstrumente mit Abstand die besten ihrer Zeit waren, mehrere Einzelbeiträge. Der Stand des Wissens, der durch jene drei Männer zu Beginn des 18. Jahrhunderts erreicht war, wurde während der folgenden hundert Jahre kaum vermehrt; die Anwendung des Mikroskopes als Forschungsinstrument stellte eine Ausnahme dar.¹⁸³⁾

Diese Situation änderte sich fast schlagartig zu Beginn des 19. Jahrhunderts, wo die Arbeiten von Kurt SPRENGEL und vor allem MIRBEL eine Renaissance der Phytotomie einleiteten, die vor allem von deutschen Forschern wie RUDOLPHI, BERNHARDI, L.C. TREVIRANUS, LINK und MOLDENHAWER getragen war. Ihre Arbeiten brachten, trotz vielfacher Widersprüche, Fortschritte in der Kenntnis vom Bau der Pflanzengewebe und der Eigentümlichkeiten des Baues der Zellen und Gefäße. Während im Beginn jener Neubegründung der Phytotomie eine Verbesserung der Mikroskope keine Rolle¹⁸⁴⁾

spielte, trifft dies in hohem Maße für die zweite Phase zu, die nach einem Jahrzehnt der Latenz Mitte der zwanziger Jahre einsetzte und in welcher innerhalb von drei Jahrzehnten das gesamte Fundament der Zellenlehre gelegt wurde. Die neuen achromatischen Mikroskope, die stärkere Vergrößerungen bei höherer Auflösung gestatteten, waren eine Grundvoraussetzung für die raschen Fortschritte jener Zeit. MOLDENHAWERS Mazerationsversuche und MOHLS Rückführung der Gefäße auf Zellen ließen diese als den neuen Molekülen der Chemiker vergleichbare Grundelemente der Gewebe erscheinen.

Als entscheidende Frage stellte sich nun die nach der Entstehung der Zellen. Die frühen Vorstellungen WOLFFS, von MIRBEL anfangs übernommen, hatten sich als unhaltbar erwiesen. Auch Theorien über das Heranwachsen intrazellulärer Kügelchen zu neuen Zellen, zuletzt noch von TURPIN und RASPAIL vertreten, hatten ins Abseits geführt. Die neuere Theorie MIRBELS beruhte, wie sich später zeigen sollte, mehr auf Vermutung als auf Beobachtung, doch hatten MIRBEL und MOHL zu Anfang der dreißiger Jahre mit der Beschreibung der Tetradenteilung erstmals einen wirklichen Modus der Zellentstehung erfaßt. MOHL, der bald darauf die Teilung von Algenzellen beobachtete, hatte nicht ganz unbegründete Bedenken¹⁸⁵⁾, jenen Vorgang sogleich zu verallgemeinern. Dies tat allerdings MEYEN, nachdem er bei einer Reihe weiterer niederer Organismen, vor allem Algen und Pilzen, ähnliches beobachtet hatte¹⁸⁶⁾.

Während MEYEN mit seiner Theorie der "Selbsttheilung" in eher klassischer Weise das ganze Gewicht auf die Veränderungen der Zellwand legte, lenkte SCHLEIDEN

den Blick 1838 mit Nachdruck auf den Zellinhalt. Dabei griff auch er mit seiner "Blastem"-Theorie im Grunde auf WOLFFS Auffassungen zurück, nur daß er jenen ursprünglich amorphen Bildungsstoff jetzt im Innern der Zelle sah¹⁸⁷⁾ und annahm, es bildeten sich darin alle Bestandteile der Zelle in einer Art von stufenweiser Selbstorganisation der darin vorhandenen Stoffe. Begünstigt wurden solche Vorstellungen, die auch Anklänge an die einer "generatio spontanea" zeigen, durch die ersten Erfolge der organischen Chemie. Diese hatten Erwartungen der Art geweckt, die Physiologie werde sich weitgehend auf die Interaktion weniger, einfacher Substanzen zurückführen lassen.

An die exzellente Beobachtung, daß sich der Zellkern¹⁸⁸⁾ gerade bei jungen Phanerogamenzellen ausnahmslos findet, hatte SCHLEIDEN den Schluß geknüpft, es müsse ihm eine besondere Rolle bei der Zellentstehung zukommen. Für die Vorstellung einer Kernteilung stellte seine Kondensationstheorie jedoch ein unüberwindliches Hindernis dar. Dennoch war jene besondere Bedeutung, welche SCHLEIDEN dem bis dahin fast unbeachteten Zellkern zumaß, die entscheidende Voraussetzung für die Entwicklung einer Zellentheorie der tierischen Gewebe durch SCHWANN. Die zelluläre Struktur unbehandelter tierischer Gewebe offenbart sich dem Beobachter keinesfalls mit der gleichen Deutlichkeit wie die des pflanzlichen Zellwandgerüsts. Daher galt bis zu jener Zeit vor allem die Faser als Grundelement der tierischen Gewebe. Während BICHAT bei der Erarbeitung seiner Gewebelehre noch ganz auf das Mikroskop verzichtet hatte, wandten sich vor allem Joh. MÜLLER und PURKINJE¹⁸⁹⁾ mit ihren Schülern in den dreißiger Jahren intensiv der mikroskopischen

Untersuchung der Gewebe zu, wobei etwa in der Beschreibung der Epithelien durch HENLE oder der Zahnkeimbildung durch RASCHKOW bereits zelluläre Strukturen dargestellt werden. Doch erst SCHWANN lieferte ausgehend von der Annahme, daß sich stets dort, wo sich ein Zellkern nachweisen läßt, auch eine Zelle befindet, und der Ableitung aller entwickelten Strukturen aus ihrer zellulären embryonalen Anlage erstmals eine auf die Zellentheorie gegründete Histologie. Ein entscheidender Mangel der Lehre SCHWANNs lag jedoch in seiner an SCHLEIDEN angelehnte Zellbildungstheorie. Gegen SCHLEIDENS Theorie hatte nach MEYEN vor allem UNGER opponiert, doch hafteten auch seinen Untersuchungen einige Ungenauigkeiten an. Von 1844-46 veröffentlichte NÄGELI seine gründlichen und umfassenden Beobachtungen der Zellbildung, wobei er anfangs ganz von der Theorie SCHLEIDENS ausging, sich jedoch Schritt für Schritt von ihr abzuweichen gezwungen sah, bis ihre Unhaltbarkeit erwiesen war. Zwar hatten BERGMANN¹⁹⁰⁾ und REMAK schon 1841 auf das Vorkommen der Zellteilung auch bei tierischen Zellen hingewiesen, doch setzte sich diese Auffassung erst 1855 durch REMAK und VIRCHOW endgültig durch.

Die Eigenschaften jenes erstmals in den dreißiger Jahren in Zellen von Algen und Infusorien entdeckten schleimartigen Inhaltes wurden zuerst von MOHL näher untersucht. Vor allem die Beobachtungen¹⁹¹⁾ an Schwärmosporen und Schleimpilzen wiesen auf die Möglichkeit der Existenz "nackter" Zellen ohne Zellwand hin. Konsequentermaßen aufgegriffen wurde dieser Gedanke 1861 von Max SCHULTZE, der die Zelle nunmehr als "Klumpchen Protoplasma mit Kern"¹⁹²⁾ neudefinierte.

ZUSAMMENFASSUNG.

Hugo v. MOHL gehörte mit an erster Stelle zu jenen Phytotomen, die vornehmlich in den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts eine eigentliche Pflanzenhistologie begründeten und den zelligen Aufbau der verschiedensten Pflanzengewebe nachwiesen. Dabei zeichnete sich MOHL durch besondere Klarheit und Genauigkeit seiner Darstellung aus. MOHL gelang nicht nur die Erfassung der unterschiedlichsten Zellformen und -Bildungen, er vermochte vor allem auch, im Besonderen das Grundlegende und Allgemeine zu erkennen, wodurch er die Herausbildung einer einheitlichen Zelltheorie förderte. Mit dem von MOHL konsequent geführten Nachweis, daß es sich bei allen Arten pflanzlicher Fasern stets nur um Zellen oder deren Produkte handelt, wurde der historisch älteren Faserlehre der theoretische Boden vollends entzogen. Da ihm zugleich der Nachweis gelungen war, daß auch die Gefäße der Pflanzen aus Zellen entstehen, hatte MOHL schon zu Beginn der dreißiger Jahre alle Argumente für den Schluß, daß die Zelle allein den Grundbaustein aller pflanzlichen Gewebe darstellt, geliefert.

Zu diesem Zeitpunkt hatte MOHL auch bereits seine Theorie des appositionellen Wachstums der Zellwand, mit deren Hilfe er ihre sämtlichen Eigentümlichkeiten auf der Grundlage eines gemeinsamen Entwicklungsprinzips in einfacher Weise zu deuten vermochte, entwickelt. Diese Theorie sollte jedoch erst Jahrzehnte später vollständig akzeptiert werden. Durch die Entwicklung diffiziler Methoden gelang ihm der histochemische Nachweis, daß die Zellulose, wie PAYEN behauptet hatte, den Hauptbestandteil aller

Schichten der Zellwand bildet.

Von herausragender Bedeutung waren MOHLS Untersuchungen über den Zellinhalt und die Zellentstehung, wobei er einen wesentlichen Teil seiner Erkenntnisse der Beobachtung der Kryptogamen verdankte, denen schon früh sein besonderes Interesse galt. Bereits 1828 hatte MOHL erstmals Sporentetraden und die Teilung von Algenzellen wie auch den "schleimigen" Zellinhalt beobachtet. Nachdem MOHL 1833/34 die Tetradenteilung der Mutterzelle bei der Pollen- und Sporenbildung beschrieben hatte, widmete er sich in der Folgezeit der genaueren Beobachtung des Teilungsvorganges an Algenzellen, welche er 1835 publizierte. Der Versuch, den Prozeß der Zellvermehrung auch in den Bildungsgeweben höherer Pflanzen zu verfolgen, erwies sich als ungleich schwieriger; doch war es MOHL durch glückliche Wahl des Untersuchungsobjektes 1838 gelungen, die Zellteilung bei einer höheren Pflanze zweifelsfrei nachzuweisen. Zu jener Zeit beobachtete MOHL auch erstmals die Kernteilung. Der Einfluß, den SCHLEIDENS Zellbildungstheorie auf MOHL ausübte, hinderte ihn jedoch daran, der Erkenntnis, daß die Zellteilung die allgemeine Art der Zellvermehrung darstellt, zum raschen Durchbruch zu verhelfen.

Ein besonderes Verdienst erwarb sich MOHL durch das Studium des Zellinhaltes. Neben der genaueren Erforschung der Chloroplasten, die zur Entdeckung der Assimilationsstärke führte, verdankt die Zellenlehre ihm vor allem die Kenntnis des Protoplasmas und seiner Bedeutung für den Lebensprozeß der Zelle. Seine Erforschung stand dabei in engem Zusammenhang mit der Untersuchung des Teilungsvorganges der Zelle.

Gerade die Rezeption von MOHLS Arbeiten über die Zellteilung und das Protoplasma, sowie seiner Vorstellungen von einer von der Zellwand verschiedenen Zellmembran gab wesentliche Anstöße für die Überwindung der Kardinalfehler in der Lehre SCHWANNs und die Fortentwicklung der tierischen Zytologie und Zytopathologie, wie die Schriften von REMAK, VIRCHOW, BRÜCKE und SCHULTZE belegen.

ANMERKUNGEN.

- 1) Vgl. insbes. SACHS (70).
- 2) Vgl. K. ULSHÖFER: Hugo v. Mohl und die Entstehung der genetischen Zelltheorie. Med. Welt 1964, 981-85.
- 3) Der Abdruck einiger dieser Quellen soll an geeigneter Stelle erfolgen.
- 4) Vgl. (58), E. BÜNNING in (26), I, 373 und ULSHÖFER in: Lebensbilder aus Schwaben und Franken 10, 375-87 (1966), sowie die Nekrologe von AHLES in Jahresh. d. Vereins f. vaterl. Naturk. XXIX, 41-65 (1873) und de BARY in Bot. Ztg. 1872, 561-80, der zugleich eine vollständige Bibliographie enthält.
- 5) In diesen Fächern erhielt MOHL Privatunterricht, da am Gymnasium nur Sprachen gelehrt wurden.
- 6) Zu jener Zeit schrieb in Tübingen üblicherweise noch der Doktorvater ("Präses") die Dissertation. Auch MOHL selber verfuhr später so. Vgl. (13), 184.
- 7) Entsprechende Dokumente oder deren Abschriften, darunter auch eine Abschrift der Approbation, die MOHL am 3.9.1828 erhielt, finden sich in (92). Die Note "vorzüglich" erhielt MOHL für Botanik, Chemie und Chirurgie, "sehr gut" für Anatomie, vergleichende Anatomie, Physiologie, Materia medica, theoretische Medizin und praktische Medizin und "gut" für Formulare und Medicina forensis.
Von der Verteidigung der Thesen war er dispensiert.
- 8) Sie wurde 1834 mit dem von der Pariser Akademie verliehenen "Prix Monthyon" für Experimentalphysiologie, der mit 500 Fr. dotiert war, ausgezeichnet.
- 9) MOHL gab die "Botanische Zeitung" gemeinsam mit SCHLECHTENDAL, später de BARY heraus.
- 10) Seine Mikroskope, von denen einige noch im botanischen Institut aufbewahrt werden, wie auch seine Bücher fielen nach seinem Tode der Universität zu.

- 11) Vgl. DOBAT, K. und K. MÄGDEFRAU: 300 Jahre Botanik in Tübingen. In: Attempto, Heft 55/56 (1975), sowie (42).
- 12) Vgl. G. HABERLANDT: Zwei Briefe Hugo von Mohls an Franz Unger. In: Wiesner-Festschrift (Redig. v. K. Linsbauer). Wien 1908.
- 13) Vgl. MILLER, M.: Die Gründungsgeschichte der naturwissenschaftlichen Fakultät in Tübingen 1859-63. z. f. Württ. Landesgesch. XXIII, Stuttgart 1964.
- 14) Vgl. Arch. f. Anthropol. XXXVI, neue Folge Bd. VIII, 124-45. Braunschweig 1909.
- 15) Einige wenige wie etwa SCHACHT waren Pharmazeuten.
- 16) MOHL war dazu niemals gezwungen, da er stets eine wohldotierte Anstellung besaß. Auch zur Behandlung seiner eigenen Beschwerden zog er lieber seinen Onkel AUTENRIETH, später NIEMEYER heran.
- 17) Vgl. Anm. 7).
- 18) Besonders angeführt werden verschiedene Formen des Mammarkarzinoms, das Spinaliom der Unterlippe und das Ulcus rodens ("flacher Gesichtskrebs"), dessen Lokalisation und klinischer Verlauf recht gut beschrieben werden. Neben dem Hinweis auf Präkanzerosen wird die Metastasierung in fortgeschrittenem Stadium als allgemeine Erscheinung beschrieben. Die Ätiologie wird noch im Sinne der Säftelehre in einer "Krebschärfe" vermutet, die vornehmlich als Folge vorangegangener (z.B. venerischer) Erkrankungen auftreten soll.
- 19) Vgl. (55), 394.
- 20) Dieser Ausdruck wurde von PURKINJE bereits 1840 zur Bezeichnung des embryonalen Gewebes in Analogie zum Kambium gebraucht, wovon MOHL wahrscheinlich keine Kenntnis hatte. Vgl. (30), 14 sowie WEBER und STUDNICKA in Protoplasma 1936, 111 und 1937, 619.
- 21) Neben (74) die berühmte Abhandlung über die "Muskelkörperchen" im Arch. f. Anat. 1861, wo

er auf S.2 ausführt: "Wir brauchen für die zähflüssige oder schleimartige, meist körnchenreiche, stickstoffhaltige Zellsubstanz oder Zellinhaltssubstanz so gut einen Namen wie die Botaniker, und es kann nicht zweifelhaft sein, dass wir uns der vollständigen Übereinstimmung wegen, welche zwischen Thier- und Pflanzenzellen in allen wesentlichen Verhältnissen herrscht, desselben wie die Botaniker bedienen müssen. Remak's Versuch, den von Hugo von Mohl herrührenden Ausdruck "Protoplasma" bei thierischen Zellen einzuführen, hat nicht die verdiente allgemeine Nachahmung gefunden. Wir werden uns desselben fortan stets bedienen."

- 22) Nach (50),16. Vgl. a. L. ASCHOFF: Rudolph Virchow. ein Rückblick. DMW 1921, und in (14),169.
- 23) "Sendschreiben an Herrn Professor Schönlein", den "Beiträgen zur vergleichenden Pathologie", Wien 1840, anstelle eines Vorwortes vorangestellt.
- 24) Vgl. (87),432. Umgekehrt lehnte KÜSTER sich bei seiner erst 1903 entwickelten pflanzlichen Zellulärpathologie eng an VIRCHOW an, vgl. (49), 159.
- 25) Bot. Ztg. 1852,10; 1853,85; 1854,137. Im Jahre 1853 habilitierte sich auch de BARY bei MOHL mit seinen grundlegenden "Untersuchungen über die Brandpilze..."
- 26) Die von MOHL selbst - den späteren Postulaten KOCHS entsprechend - als "experimentum crucis" angesehene experimentelle Übertragen der Krankheit auf gesunde Pflanzen unterließ Mohl wegen der Gefahr der Ausbreitung im damals noch nicht befallenen Württemberg.
- 27) Vgl. (49),226-27.
- 28) F. COHN lud KOCH zu seinem berühmten Vortrag am 30. 4. 1875 nach Breslau ein und druckte dessen Arbeit über den Milzbrand in seinen "Beiträgen zur Biologie der Pflanzen". Vgl. (49),172.
- 29) Vgl. den Brief an WAGNER vom 15.1.1836 im Anhang.
- 30) Diese radikale Ablehnung teilte er mit anderen bedeutenden Forschern wie STEINHEIL, LIEBIG oder

SCHLEIDEN. Vgl. a. (39), 412 ff.

- 31) (95) Brief an ROEPER vom 10.1.1834.
- 32) In Briefen an ROEPER (95) und seinen Bruder Julius (97). OKEN hatte auf intrigante, doch erfolglose Art versucht, MOHL von dessen Berner Lehrstuhl zu verdrängen.
- 33) (95) Brief an ROEPER vom 14.12.1837.
- 34) (9), 24-25, 33.
- 35) Eine ausführliche Darstellung gibt A. BERG: Die Lehre von der Faser als Form- und Funktionselement des Organismus, in Virchows Arch. 309, 333-460 (1942).
- 36) (1), 22.
- 37) Vgl. dazu SCHLEIDEN in (71), 133.
- 38) (53), 217.
- 39) Ueber die fibrosen Zellen der Antheren, in: Flora 1830, 697, auch in (6), 62.
- 40) (53), 41.
- 41) (54) I, 44.
- 42) Ueber die neuesten Fortschritte der Anatomie und Physiologie der Gewächse. Haarlem 1836.
- 43) Ueber den Bau der vegetabilischen Zellmembran. Diss. 1837, auch in (6), 314.
- 44) (95) Brief an ROEPER vom 14.12.1837.
- 45) Vgl. die "Bemerkungen über Spiralbildungen in der Pflanzenzelle", Flora 1839, 29; auch in (72), 185.
- 46) Im Gegensatz zu vielen anderen Untersuchern, die sich mit Quetsch- oder Zupfpräparaten begnügten, fertigte MOHL bereits regelmäßig Schnitte an. Vgl. (95) Brief vom 12.5.1834 und (7).
- 47) Das Sehvermögen MOHLS war mit einer Auflösung von 30' trotz eines geringen Astigmatismus etwa

- doppelt so gut wie das durchschnittliche. (98).
- 48) (95) enthält ein Bündel von 23 unveröffentlichten Manuskript-Blättern mit Kryptogamenbeobachtungen, die im September und Oktober 1828 in Ellwangen entstanden.
- 49) (49), 113.
- 50) Ueber die Entwicklung der Spaltöffnungen. Linnaea 1838, 544. Überarbeitete Fassung in (6), 252.
- 51) (6), 233 und 299.
- 52) Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. Bot. Ztg. 1855, 873.
- 53) Untersuchungen über die Entwicklung des Korkes und der Borke auf der Rinde der baumartigen Dicotylen. Diss. 1836. (6), 212.
- 54) Vorlesungsnachschrift C. BRAUN (96).
- 55) Vortrag in der Pariser Akademie v. 29.4.1839, abgedr. in den Archives du Muséum, tome I: "Nouvelles notes sur le cambium."
- 56) Ueber den Bau und das Wachsthum des Dicotyledonenstammes. Leipzig 1840.
- 57) Beiträge zur Phytogenesis. Müllers Archiv 1838, 137, auch (72), 121.
- 58) Ueber die Cambiumschichte des Stammes der Phanerogamen und ihr Verhältnis zum Dickenwachsthum desselben. Bot. Ztg. 1858, 185.
- 59) (85), 65, 83-84.
- 60) Siehe (3), hier zitiert nach dem deutschen Text in (6), 129 ff., insbes. 143-45.
- 61) Retrospektiv tut er dies 1842; vgl. (6), 260.
- 62) Im Gegensatz etwa zu MEYEN oder MOLDENHAWER beschränkt Mohl sich bewußt auf die noch heute üblichen Begriffe Parenchym und Prosenchym, wobei er noch auf Gemeinsamkeiten und Übergangsformen verweist. Vgl. (1).
- 63) (95) Brief an ROEPER vom 24.1.1834.

- 64) Auch HOFMEISTER (35), 70 f. und SCHLEIDEN (71) I, 200 teilen die Vorstellung der Kugel als idealer Zellform.
- 65) Siehe Anm. 54)
- 66) Vgl. (90), (91). Der Verfasser von (91), Emil PONFICK (1844-1913), wurde 1868 Assistent bei VIRCHOW, später Ordinarius für Pathologie in Rostock, Göttingen und Breslau (als Nachfolger COHNHEIMS, gleichfalls ein Schüler VIRCHOWS).
- 67) Einzeller dieser Größenordnung von etwa 1μ , die Bakterien, wurden erst Jahrzehnte später entdeckt.
- 68) Übertroffen wurde diese erste Monographie über die Zelle erst durch (35). Eine englische Fassung erschien 1852, eine schwedische 1854.
- 69) *Traité d'anatomie et de physiologie végétale*. Paris an X (1802). 2 Bde.
- 70) Vor allem Kurt SPRENGEL, LINK und RUDOLPHI, vgl. (70), 293.
- 71) HARTING (Bot. Ztg. 1846, 64) glaubte später, bei verschiedenen Zellen ohne sekundäre Verdickungsschichten Öffnungen in der Primordialwand gesehen zu haben. MOHL (Bot. Ztg. 1846, 337) konnte dies aufgrund seines besseren Beobachtungsinstrumentes widerlegen, was HARTING so beeindruckte, daß er MOHL um Vermittlung eines AMICI-Mikroskopes bat Vgl. (102) und Anm. 177). Die Vervollkommnung der Mikroskope und vor allem die Elektronenmikroskopie führten erst sehr viel später zur Entdeckung der Plasmodesmen.
- 72) Ebenso L.C. TREVIRANUS (85).
- 73) Dieser Eindruck entsteht bei exzentrischer Schnittführung. Auch MEYEN und SCHLEIDEN hatten diese Darstellung übernommen. Erst SCHACHT erkannte 1860 die wahre Natur der Hoftüpfel.
- 74) Vgl. Anm. 42).
- 75) Anatomische Untersuchungen über die porösen Zellen von Sphagnum. Diss. 1837; (6), 294.
- 76) Vgl. (8), 25.

- 77) Von MOHL nochmals zusammengefaßt in Bot. Ztg. 1846, 341.
- 78) In: Versuch einer physiologischen Chemie. Braunschweig 1844.
- 79) Vgl. Anm. 71).
- 80) U.a. führte er Reihenmessungen von Zellwanddicken durch.
- 81) Anselme PAYEN (1795-1871), ein Schüler VAUQUELINS, war technischer Leiter der Zuckerfabrik von Vaugirard bei Paris, später Professor für industrielle Chemie am Conservatoire des arts et métiers: Mémoire sur l'amidon etc. Paris 1839. Mémoire sur le développement des végétaux. Paris 1844. Vgl. (46), 477.
- 82) Vgl. auch (70), 327.
- 83) In seinem Jahresbericht 1837, 67; s.a. (54)II, 285.
- 84) Wiegmanns Archiv 1838 I, 59 und Poggendorfs Annalen 1838 I, 391; auch in (72), 160.
- 85) (6), 335. MOHL kannte zu jenem Zeitpunkt die Abhandlung PAYENS noch nicht.
- 86) Flora 1842, 237. SCHLEIDEN prägte auch den Ausdruck "Amyloid", worunter er eine solche in ihren Eigenschaften zwischen Stärke und Zellulose angesiedelte hypothetische Substanz verstand.
- 87) (6), 348.
- 88) Bot. Ztg. 1847, 497.
- 89) Ann. des sci. nat., sec. série I (1815), 65.
- 90) Vgl. auch den Auszug aus (96) im Anhang.
- 91) Vgl. (5).
- 92) Vgl. (6), 260 ff. "Die in die Cuticula umgewandelten Membranen treten in Folge dieser Metamorphose gleichsam als ein besonderes, von den Epidermiszellen durch Substanz und Structur verschiedenes Organ auf." (p. 266).
- 93) Vgl. Bot. Ztg. 1847, 497. und (8), 19.

- 94) Vgl. Bot. Ztg. 1861,209.
- 95) Z.B. bei Diatomeen; diese besitzen zwar keine Zellwand, doch wird das Protoplasma, in dessen äußere Schicht die Kieselsäure eingelagert ist, durch die Flußsäure fixiert.
- 96) Vgl. Bot. Ztg. 1857,281.
- 97) Ueber die Zusammensetzung der Zellmembran aus Fasern. Bot. Ztg. 1853,753. Diese ursprünglich auf GREW zurückgehende Vorstellung war von AGARDH 1852 wieder aufgegriffen worden.
- 98) Vgl. auch (90). Eine lichtmikroskopisch nicht erkennbare Faserstruktur zeigt das Elektronenmikroskop. Vgl. (68),144.
- 99) Die Untersuchung des Pflanzengewebes mit Hülfe des polarisirten Lichtes. Bot. Ztg. 1858,1. Vgl. (80),338 und (35),351.
- 100) AMICI konnte MOHL keine Verbesserung seiner Apparatur vorschlagen, da er eine identische Vorrichtung entwickelt hatte. Vgl. (103).
- 101) Die anfangs mit Beifall aufgenommene Intussusceptionstheorie wurde bald widerlegt. Vgl. (70), 244,369; (49),154 sowie (80).
- 102) Z.B. im Rhizom der Iris.
- 103) Vgl. Anm. 96).
- 104) Vgl. Anm. 95).
- 105) Untersuchungen über die anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls. Diss. 1837; (6),349. Enthält einen geschichtlichen Rückblick. - In der Regel waren die damaligen Mikroskope den Anforderungen, die die Untersuchung eines so diffizilen Gegenstandes stellte, einfach nicht gewachsen. Vgl. (64).
- 106) Vgl. Anm. 48).
- 107) MOHL intensivierte in seiner Berner Zeit die Untersuchungen an Kryptogamen, die er vor allem bei verschiedenen Alpenreisen eifrig sammelte. Damit hatte er gleichsam aus der Not eine Tugend gemacht, da ihm in Bern praktisch nicht mehr als ein Heilpflanzenbeet als botanischer

Garten zur Verfügung stand. Im März und April 1834 widmete sich MOHL der Beobachtung von Algen, die er in Bern und der näheren Umgebung sammelte. Im Januar 1835 ergänzte er diese 68 Einzelbeobachtungen und erweiterte sie auf insgesamt 111. Neben Cladophoren, Oscillatorien, Spirogyren und Gloeocapsa sind vor allem Diatomeen in größerer Zahl beschrieben, wobei MOHL auch das Bestreben leitete, ihre noch zweifelhafte Zugehörigkeit zum Pflanzenreich zu bestätigen. Die Manuskripte und die zugehörigen Zeichnungen finden sich in (95).

- 108) Möglicherweise liegt BISCHOFFS Angabe, (16), 76: "Die jüngeren Triebe der *Conferva quinina* enthalten spiralförmig liegende Keimkörner..." eine ähnliche Beobachtung zugrunde.
- 109) Vgl. Anm. 105).
- 110) Bot. Ztg. 1855, 89.
- 111) Vgl. *Linnaea* 1826, 425. Auch KÜTZING (44) scheint sie 1843 noch in ähnlicher Weise zu verkennen.
- 112) Die Pyrenoide stellen die Bildungszentren für die Assimilationsstärke in den Chromatophoren dar.
- 113) Vgl. (60) III/IV, 117. Der Begriff der Membran deckte sich zu jener Zeit vollkommen mit dem der zellulosehaltigen Zellwand. NÄGELI korrigierte sich unter dem Eindruck von MOHLS Kritik 1853.
- 114) (95) Brief an ROEPER vom 26.10.1835.
- 115) Vgl. dazu etwa die Vorstellungen von SCHWANN über die Bildung des Zellkernes in (75).
- 116) Aus (6), 360.
- 117) Zitiert nach (6), 360. Vgl. auch Anm. 78).
- 118) Vgl. (49), 158.
- 119) Vgl. (8), 48-56.
- 120) Vgl. (49), 154.
- 121) Observations on the organs and mode of fecondation

in Orchideae and Asclepiadeae. Trans. Linn. Soc. 1831,685. Zitiert in (49),150. Eine Abbildung des Zellkernes findet sich bei BROWN nicht. - Vgl. auch STEPHENSON in: Proc. Linn. Soc.(1931)II,45.

- 122) Vgl. Abb. I im Anhang. Auch MEYEN beschreibt in (53), 165 ein an "feinen, verästelten Fäden an der inneren Zellmembran" aufgehängtes "rundes Zellchen", das als "fast durchsichtig und ungefärbt" charakterisiert wird, wobei er unzweifelhaft einen an Plasmasträngen aufgehängten Zellkern abbildet.
- 123) Vgl. Anm. 57), insbes. p. 129. Vgl. auch (71) I,211 u. Tab. 1, Fig.6.
- 124) Vgl. Bot. Ztg. 1844,291 und (8),44.
- 125) Um so bemerkenswerter ist es, daß das Protoplasma zuerst an Pflanzenzellen näher untersucht wurde. Auf die besonderen Schwierigkeiten dabei verweist auch ALTMANN (11).
- 126) Vgl. Anm. 48) sowie Abb. II im Anhang.
- 127) Vgl. Anm. 107).
- 128) Bot. Ztg. 1844,273. Dort verwendet MOHL auf S. 275 erstmals den Ausdruck "Primordialschlauch".
- 129) Auch MEYEN hatte augenscheinlich, was MOHLS Aufmerksamkeit entging, die Denaturierung des Protoplasmas einer Algenzelle durch Alkohol oder kochendes Wasser beobachtet, jedoch keinerlei Schlüsse daraus gezogen. Vgl. (53),165.
- 130) Vgl. Anm. 128).
- 131) Neben einer persönlichen Mitteilung von MENEHINI, der bei Zygnema eine "innere Zelle" vermutete, war es vor allem KÜTZINGS wenig glückliche Theorie der "Amylidzelle", die er in Linnaea 1841,546 und (44) publiziert hatte. Vgl. auch (60)I,96.
- 132) Bot.Ztg. 1846,73 ff., insbes. 75.
- 133) SCHLEIDEN adaptierte diesen zuerst von SCHWANN (75) gebrauchten Ausdruck in der 2. Aufl. von (71).

- 134) Jene Strömung war erstmals von CORTI 1774 beschrieben und von L.C. TREVIRANUS wiederentdeckt worden. MOHL hatte sie anfangs genauer untersucht, um SCHULTZ-SCHULTZENSTEINS abenteuerlichen "Cyclose"-Theorien entgegenzutreten.
- 135) MOHL hatte dabei vor allem die Zellen zahlreicher Algen im Auge, etwa Cladophora, deren multiple, kleine Kerne erst 1879/80 von SCHMITZ nachgewiesen wurden. Vgl. (84), 232 ff.
- 136) Vgl. Anm. 128).
- 137) Bot. Ztg. 1855, 689.
- 138) Vgl. Archiv f. Anat. 1861, 10-11.
- 139) Etwa bei C.F. WOLFF in seiner "Theoria generationis". Vgl. (49), (70).
- 140) Vgl. Anm. 48) u. Abb. I im Anhang.
- 141) Ann. sci. nat. 1827, 24. BROWN hatte in Trans. Linn. Soc. 1820, bereits ähnliches geäußert, einen Hinweis darauf gab schon KOELREUTER 1761. Vgl. (4), 33.
- 142) MIRBEL hatte die Pollenbildung bereits im Complément zu seiner Marchantia-Monographie (56) beschrieben, die MOHL jedoch erst nach Abschluß seiner Beobachtungen im Mai 1834 von MIRBEL zugeschickt bekam. Vgl. (95) Brief an ROEPER vom 29.5.1834.
- 143) Vgl. (6), 67.
- 144) Zitiert bei MOHL (6), 78.
- 145) Vgl. Anm. 48) sowie Abb. II im Anhang.
- 146) Heute: Cladophora. Vgl. auch die Beschr. im Anhang.
- 147) Diese Dissertation ist auch ohne Abb. abgedruckt in Flora 1837, 1, sowie überarbeitet mit neuen Abb. in (6), 362.

- 148) MEYEN hatte in (54),II,342-46 auf Prioritätsansprüche hingewiesen, die MORREN im Bull. acad. roy. sci. Bruxelles 1837,300 geltend gemacht hatte. Unter Hinweis auf eine in den Ann. sci nat. 1830,404 abgedruckte Abhandlung über seine Entdeckung einer neuen Grünalge erklärte er dort: "La multiplication des cellules par voie de division était clairement établie dans ce mémoire." Dies trifft ebenso wenig zu wie MEYENS Vermutung, MORREN habe bei jener Crucigenia die Tetrasporenbildung in der Weise beobachtet, wie es ihm selber bei dem nahe verwandten Scenedesmus gelungen war. MORREN beschreibt allein in umständlicher Weise das Zerfallen von Zellkolonien in Individuen. Solchen Mißverständnissen leistete MOHL allerdings selber Vorschub, indem er in der Urfassung seiner Abhandlung Vergleiche zum Zerfallen von Zellverbänden bei den Diatomeen zog. SCHLEIDEN versuchte noch 1843 MOHLS Beobachtung in jener Weise umzubiegen und damit den eigentlichen Prozeß der Zellvermehrung bei jenem Vorgang in Abrede zu stellen. Vgl. (72),80.
- 149) (95) Brief an ROEPER vom 12.5.1834. Vgl. auch die Auszüge aus Briefen an ROEPER im Anhang.
- 150) Vgl. Anm. 147), Zitat p.2.
- 151) Vgl. den Auszug aus 696) im Anhang.
- 152) Zit. (5),39. MOHL revidierte sich in diesem Punkt sehr bald gründlich. In Bot. Ztg. 1844, 289 f. weist er etwa ausdrücklich darauf hin, daß im Kambium die Zellen vollkommen lückenlos aneinanderschließen, so daß eine Bildung neuer Zellen zwischen den vorhandenen dort ausgeschlossen ist. UNGER hielt dies hingegen 1846 noch für möglich. Vgl. (86), 44-45.
- 153) Vgl. Anm. 53).
- 154) Vgl. Anm. 54) - 56).
- 155) Vgl. Anm. 57).
- 156) (8),53.

- 157) Ueber die Entwicklung der Spaltöffnungen.
Linnaea 1838,544; überarbeitet in (6),252.
- 158) (6),84.
- 159) (30),7. Vgl. auch die Abb. V und VI im Anhang.
Um "Mitosebilder" im strengen Sinne handelt es
sich bei Anthoceros nicht sondern um eine Re-
duktionsteilung. TISCHLERS Einwand in (84),232,
die charakteristischen Stadien seien bei MOHL
nicht zu erkennen, ist gewiß überzogen. Vgl.
a. Anm. 166) u. 167).
- 160) In besonders schöner Weise konnte MOHL dies
später bei der Pollenbildung von Althea rosea
demonstrieren, wo es ihm gelang, den in Alko-
hol gehärteten Protoplasten in verschiedenen
Teilungsstadien zu isolieren. Vgl. Abb. IX im
Anhang.
- 161) (86),75.
- 162) Linnaea 1841,403.
- 163) Bot. Ztg. 1844,291. MOHL, der auch bei den
jüngsten Phanerogamenzellen mittels Jodfärbung
stets einen Zellkern nachzuweisen vermochte,
bemerkt in (8),55 nochmals, daß UNGERS Angabe
"bestimmt auf einem Beobachtungsfehler beruht."
- 164) "Questa divisione delle cellule io credo la
maniera la più generale della moltiplicazione
delle cellule, ma resta ancora fare una lunga
serie dell'osservazioni difficilissimi ..."
Brief vom 5.1.1847 (103).
- 165) Vgl. dazu (60).
- 166) MOHL führt in (6),258 an: "Soviel halte ich
jedoch für sicher, dass die Umwandlung des In-
haltes der Spaltöffnungszellen damit beginnt,
dass der Nucleus durch Theilung in zwei ne-
beneinander liegende Kerne zerfällt. NÄGELI
hält das für unwahrscheinlich ..." Vgl. auch
Abb. VII im Anhang. Gesehen hat MOHL die Kern-
teilung wohl bereits 1838, wie die Abb. ver-
muten lassen, doch fehlt dort der Hinweis im
Text.
- 167) In (95). Vgl. Abb. VI im Anhang.
- 168) Ebenso ein bevorzugtes Studienobjekt bei NÄGELI

und HOFMEISTER. Vgl. auch (43).

- 169) Siehe (8), 56.
- 170) Vgl. (49), 155-56.
- 171) Vgl. dazu insbesondere auch die Aufsätze von STUDNICKA in Anat. Anz. 1927, 140-44; 1932, 390-416; 1933, 80-95; 1934, 246-57 sowie in Acta soc. sci. nat. Moraviae 1927, 97-166.
- 172) (30), 7.
- 173) (72), 172.
- 174) (93) Brief vom 15.2.1843.
- 175) Vgl. Nova acta Acad. Caes. Leop.-Carol. 1839, 27-58.
- 176) Briefe MOHLS an AMICI vom 4.3.1846, 5.1. und 26.2.1847. (103). MOHL bezahlte mit einem Wechsel. Der Brief AMICIS mit der Angabe des Preises ging verloren, doch dürfte er bei 500 Fr. gelegen haben, dem Preis, den MOHL für sein eigenes Instrument bezahlt hatte. Dies entsprach etwa dem halben Jahresgehalt eines Professors. Geschenkt, wie WARTENBERG in (26) I, 301 angibt, bekam SCHLEIDEN das Mikroskop jedenfalls nicht. AMICI baute seine Mikroskope nur auf Bestellung, und die Lieferung ließ selbst bei Empfehlung rund ein Jahr auf sich warten.
- 177) Eine historische Zusammenfassung gibt MOHL in seinem Nachruf auf AMICI in der Beilage zur Bot. Ztg. 1863. Die von SCHLEIDEN 1839 (Anm. 175) Tab.V, Abb.69 gegebene recht gute Abbildung läßt noch jede Interpretation offen. Vgl. auch (49), 118 f.
- 178) Bot. Ztg. 1847, 364. Vgl. den Brief MOHLS an v. BAER im Anhang.
- 179) Bot. Ztg. 1847, 465.
- 180) (98) Brief an STEINHEIL vom 20.12.1854. Auch ROEPER (101) äußerte sich in einem Brief vom 11.10.1854 maliziös: "... vor 10 - 8 Jahren konnte ein wirklich hoffnungsvoller Juvenis noch Schleidens vestigia premere; heute kann nur noch ein Ruminans animal an so dürrem Trug-

und Lug-Futter Freude haben."

- 181) Vgl. dazu die allgemeinen Darstellungen, insbes. (37), auch (14), (18), (41) u. (70), 347.
- 182) Vgl. (36).
- 183) Etwa bei HEDWIG oder C.F. WOLFF.
- 184) Die zu jener Zeit benutzten Mikroskope ließen äußerstenfalls etwa 300-fache Vergrößerung zu und waren weit schlechter als die von LEEUWEN-HOEK oder ein heutiges Schülermikroskop. Die Frage nach den geistesgeschichtlichen Ursachen jenes Aufbruchs harrt noch ihrer Beantwortung.
- 185) Vor allem die Arbeiten von NÄGELI, später HOF-MEISTER und STRASBURGER erwiesen, daß die sukzedane Ausbildung der Scheidewand die Ausnahme darstellt. Kernteilung und Zellteilung verlaufen bei vielkernigen Algenzellen, etwa der Chladophoren, unabhängig voneinander; es handelt sich also nicht um eine klassische Mitose.
- 186) MEYEN behauptete zwar, diese Form der Zellteilung sei auch bei den Phanerogamen weit verbreitet, führte jedoch nichts näheres aus. Vgl. (54), insbes. II,350 u. III,334.
- 187) Im Gegensatz dazu sah sich SCHWANN wieder zur Annahme eines extrazellulären Blastems gezwungen. Vgl. REMAK in Müllers Archiv 1852,48.
- 188) Auch wenn es SCHLEIDEN in (72),122 für "mit der Würde der Wissenschaft unverträglich" hält, sich mit RASPAIL auseinanderzusetzen, zeigt seine Theorie des wandständigen Kernes doch Anklänge an dessen Anschauungen.
- 189) Vgl. PURKYNE-Symposion in Nova acta Leop., n.F. 151 (1961), Heft 24, 47-151, sowie (33) und (34). Vgl. auch die Hinweise in Anm. 171).
- 190) BERGMANN deutete in Müllers Archiv 1841,101 eine Analogie zwischen der von ihm beschriebenen Furchung von Froscheiern und der von MOHL beschriebenen Teilung der Algenzellen an.
- 191) Zuerst von UNGER, später v.a. von COHN, BRAUN und THURET. Die Myxomyceten untersuchte de BARY.
- 192) Arch. f. Anat. 1861, 9.

LITERATURVERZEICHNIS.

VERZEICHNIS DER SCHRIFTEN HUGO V. MOHL'S:

1. Ueber den Bau und das Winden der Ranken und Schlingpflanzen. Tübingen 1827.
2. Ueber die Poren der Pflanzenzellen. Dissertation. Tübingen 1828.
3. De Palmarum structura. Aus: MARTIUS, Carl Friedrich Philipp: Genera et species Palmarum. München 1831.
4. Ueber den Bau und die Formen der Pollenkörner. Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse, 1. Heft. Bern 1834.
5. Erläuterung und Vertheidigung meiner Ansicht von der Structur der Pflanzensubstanz. Tübingen 1836.
6. Vermischte Schriften botanischen Inhalts. Tübingen 1845.
7. Mikrographie, oder Anleitung zur Kenntniss und zum Gebrauche des Mikroskopes. Tübingen 1846.
8. Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle. Separatdruck aus RUDOLPH WAGNER'S Handwörterbuch der Physiologie. Braunschweig 1851.
9. Rede gehalten bei der Eröffnung der naturwissenschaftlichen Facultät der Universität Tübingen. Tübingen 1863.

Sonstige Literatur:

10. ACKERKNECHT, Erwin Heinz: Kurze Geschichte der Medizin. Stuttgart 1959, 2. Aufl. 1967.
11. ALTMANN, Richard: Zur Geschichte der Zellentheorien. Leipzig 1889.
12. ANKER, Jean u. Svend DAHL: Werdegang der Biologie. Leipzig 1938.
13. ARTELT, Walter: Einführung in die Medizingeschichte. Stuttgart 1949.
14. ASCHOFF, Ludwig, Ernst KÜSTER u. W.J. SCHMIDT: Hundert Jahre Zellforschung (Protoplasma-Monographien, Bd. 17). Berlin 1938.
15. ASIMOV, Isaac: Geschichte der Biologie. Frankfurt a.M., Hamburg 1968.
16. BISCHOFF, Gottlieb Wilhelm: Die botanische Kunstsprache in Umrissen, nebst erläuterndem Text. Nürnberg 1822.
17. BÖTTCHER, Helmuth M.: Geschichte der Naturwissenschaft. 2 Bde. Berlin 1968-69.
18. BRYK, Otto: Entwicklungsgeschichte der reinen und angewandten Naturwissenschaft im 19. Jahrh., Band 1. Leipzig 1909, Nachdr. Leipzig 1967.
19. CAULLERY, Maurice: Les étapes de la biologie. Paris 1941.
20. COMBES, Raoul: Histoire de la biologie végétale en France. Paris 1933.
21. DAVY de VIRVILLE, Adrien: Histoire de la botanique en France. Paris, Nice 1954.
22. DIEPGEN, Paul: Geschichte der Medizin, Band 2. Berlin 1951.
23. DIEPGEN, Paul, Ludwig ASCHOFF und Heinz GOERKE: Kurze Übersichtstabelle zur Geschichte der Medizin. Berlin, Göttingen, Heidelberg, 7. Aufl. 1960.

24. DUMORTIER, Charles Barthélémy: Recherches sur la structure comparée et le développement des animaux et des végétaux. Bruxelles 1832.
25. FLORKIN, Marcel: Th. Schwann et les débuts de la médecine scientifique. Paris 1956.
26. FREUND, Hugo u. Alexander BERG (Hrg.): Geschichte der Mikroskopie. 3 Bde. Frankfurt a.M. 1963-66.
27. GUYENOT, Emile: Les sciences de la vie au XVII^e et XVIII^e siècle. Paris 1957.
28. HABERLANDT, Gottlieb: Der Briefwechsel zwischen Franz Unger und Stephan Endlicher. Berlin 1899.
29. HARTING, Pieter: Das Mikroskop. 3 Bde. 2. Aufl. Braunschweig 1866.
30. HEIDENHAIN, Martin: Plasma und Zelle. Jena 1907. (BARDELEBEN: Handbuch der Anatomie des Menschen. Bd.8.)
31. HENLE, Jakob: Von den Miasmen und Kontagien. 1840, Nachdr. Leipzig 1910 (Klass. d. Med., Bd. 3).
32. HENNEGUY, L. Félix: Leçon sur la cellule. Paris 1896.
33. HINTZSCHE, Erich: Gabriel-Gustav Valentin (1810-83). Versuch einer Bio- und Bibliographie. Bern 1953.
34. HINTZSCHE, Erich: Zellen und Gewebe in G.G. Valentins "Histogenia comparata" von 1835 und 1838. Bern 1963.
35. HOFMEISTER, Wilhelm: Die Lehre von der Pflanzenzelle. (Handb. d. physiol. Bot. I/1). Leipzig 1867.
36. HOOKE, Robert: Micrographia. London 1665, Nachdr. Weinheim 1961.
37. HUGHES, Arthur: A history of cytology. London, New York 1959.
38. JAHN, Ilse: Geschichte der Biologie. Jena 1982.
39. JESSEN, Carl F.W.: Botanik der Gegenwart und Vorzeit in culturhistorischer Entwicklung. Leipzig 1864.

40. KLEIN, Marc: A la recherche de l'unité élémentaire des organismes vivants. Histoire de la théorie cellulaire. Paris 1960.
41. KLEIN, Marc: Regards d'un biologiste. (Ed. par Jacques Canguilhem). Paris 1980.
42. KLÜPFEL, Karl: Geschichte und Beschreibung der Universität Tübingen. Tübingen 1849.
43. KÜSTER, Ernst: Hundert Jahre Tradescantia. Jena 1933.
44. KÜTZING, Friedrich Traugott: Phycologia generalis. Leipzig 1843.
45. LEIBBRAND, Werner: Heilkunde. Eine Problemgeschichte der Medizin (Orbis acad. II/4). Freiburg, München 1953.
46. LIEBEN, Fritz: Geschichte der Physiologischen Chemie. Wien 1935, Nachdr. Hildesheim, New York 1970.
47. LINK, D.H.F.: Grundlehren der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Göttingen 1807.
48. LÜCKER, Rolf Rainer: Max J.S. Schultze und die Zellenlehre des 19. Jahrh. Dissertation. Bonn 1977.
49. MÄGDEFRAU, Karl: Geschichte der Botanik. Stuttgart 1973.
50. MARCHAND, Felix: Rudolph Virchow als Pathologe. München 1902.
51. MASON, Stephen Finney: Geschichte der Naturwissenschaft. Stuttgart 1961.
52. MERZ, John Theodore: A history of European thought in the 19th century. 2 Vols. Repr. New York 1965.
53. MEYEN, Franz Julius Ferdinand: Phytotomie. Berlin 1830.
54. MEYEN, Franz Julius Ferdinand: Neues System der Pflanzenphysiologie. 3 Bde. Berlin 1837-39.
55. MEYER - STEINEG, Th. u. Karl SUDHOFF: Geschichte der Medizin im Überblick. Jena 1950.

56. MIRBEL, Charles François (BRISSEAU-): Recherches sur la Marchantia polymorpha. Paris 1831-32.
57. MÖBIUS, Martin: Geschichte der Botanik. Jena 1931, Nachdr. Stuttgart 1968.
58. MOHL, Robert v.: Lebenserinnerungen. 2 Bde. Stuttgart, Leipzig 1902.
59. MÜLLER, Franz-Carl: Geschichte der organischen Naturwissenschaften im 19. Jahrh. Berlin 1902.
60. NÄGELI, Carl u. Matthias Jacob SCHLEIDEN (Hrg.): Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik. Band I - IV. Zürich 1844-46.
61. NORDENSKIÖLD, Erik: Die Geschichte der Biologie. Jena 1926.
62. NOWIKOFF, Michael: Grundzüge der Geschichte der biologischen Theorien. München 1949.
63. PAGEL, Walter: Virchow und die Grundlagen der Medizin des XIX. Jahrh. Jena 1931.
64. PETRI, R.J.: Das Mikroskop. Berlin 1896.
65. PRINGSHEIM, Nathanael: Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle. Berlin 1854.
66. RADL, Emanuel: Geschichte der biologischen Theorien der Neuzeit. 2 Bde. Leipzig 1909-13.
67. RICHARD, Achilles: Grundriß der Botanik und der Pflanzenphysiologie (BUCHNER, J.A.: Vollständiger Inbegriff der Pharmacie IV,2). 3. Aufl. Nürnberg 1840.
68. ROBARDS, A.W.: Ultrastruktur der pflanzlichen Zelle. Stuttgart 1974.
69. ROBIN, Charles: Anatomie et physiologie cellulaire. Paris 1873.
70. SACHS, Julius: Geschichte der Botanik vom 16. Jahrh. bis 1860. München 1875. Nachdr. Hildesheim 1966.
71. SCHLEIDEN, Matthias Jacob: Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. 2 Bde. Leipzig 1842-43, 2. Aufl. 1845-46, 3. Aufl. 1849-50, 4. Aufl. 1861.

72. SCHLEIDEN, Matthias Jacob: Beiträge zur Botanik. Leipzig 1844.
73. SCHMUCKER, Theodor: Geschichte der Biologie. Göttingen 1936.
74. SCHULTZE, Max Johann Sigismund: Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen. Leipzig 1863.
75. SCHWANN, Theodor: Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachstume der Tiere und Pflanzen. Berlin 1839. Nachdr. Leipzig 1910.
76. SINGER, Charles: A history of biology. New York 1956.
77. STERNE, Carus (Pseudonym für KRAUSE, Ernst Ludwig Erhard): Geschichte der biologischen Wissenschaften im 19. Jahrh. s.l. 1901.
78. STRASBURGER, Eduard: Über den Bau und das Wachstum der Zellenhäute. Jena 1882.
79. STRASBURGER, Eduard: Zellen- und Gewebelehre, Morphologie und Entwicklungsgeschichte. Leipzig, Berlin 1913.
80. STRASBURGER, Eduard: Lehrbuch der Botanik. Stuttgart, New York, 31. Aufl. 1978.
81. SUDHOFF, Karl: Kurzes Handbuch der Geschichte der Medizin. Berlin 1922.
82. SUDHOFF, Karl: Geschichte der Medizin im Überblick. 4. Aufl. Jena 1950.
83. THEODORIDES, Jean: Histoire de la biologie. ("Que sais-je?" N° 1) Paris 1965.
84. TISCHLER, Georg: Allgemeine Pflanzenkaryologie. (LINSBAUER: Handbuch der Pflanzenanatomie, Bd. II.) Berlin 1921-22.
85. TREVIRANUS, Ludolph Christian: Vom inwendigen Bau der Gewächse. Göttingen 1806.
86. UNGER, Franz Xaver: Grundzüge der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Wien 1846.

87. VIRCHOW, Rudolf: Die Cellularpathologie in ihrer Begründung auf die physiologische und pathologische Gewebelehre. Berlin 1858.
88. WATERMANN, Rembert: Teodor Schwann, Leben und Werk. Düsseldorf 1960.
89. WATERMANN, Rembert: Vom Leben der Gewebe. Köln 1964.

ORIGINALIEN:

90. Universitätsbibl. Tübingen, Handschriftenabt. Mh 251 a, "Anatomie u. Physiologie der Gewächse", Vorlesungsnachschr. von G. HOCHSEISEN. 1857/58.
91. Universitätsbibl. Tübingen, Handschriftenabt. Mh 251 aa "Anatomie u. Physiologie der Gewächse", Vorlesungsnachschr. von E. PONFICK 1863/64.
92. Universitätsbibl. Tübingen, Handschriftenabt. Md 673, Berufungen, Zeugnisse und Diplome.
93. Universitätsbibl. Tübingen, Handschriftenabt. Md 673 b, 4 Briefe an Unbekannte. 1843-65.
94. Universitätsbibl. Tübingen, Handschriftenabt. Md 674/1-3, 3 Briefe von G.B. AMICI an H. MOHL.
95. Universitätsbibl. Tübingen, Handschriftenabt. Md 1084, verschiedene Manuskripte. Briefe von H. MOHL an J. ROEPER.
96. Württ. Landesbibl. Stuttgart, Handschriftenabt. Cod. med. et phys. 4° 87, "Anatomie u. Physiologie der Pflanzen", Vorlesungsnachschr. von C. BRAUN 1837/38.
97. Württ. Landesbibl. Stuttgart, Handschriftenabt. Cod. hist. 4° 506, III. Fasz. 3, 17, 18, 26. Familienkorrespondenzen u.a.

98. Bibl. d. Deutschen Museum in München, Handschriftenabt. Briefe H. MOHLs an C.A. STEINHEIL im Nachlaß STEINHEIL.
99. Staats- u. Univ.-Bibl. Göttingen, Handschr.-Abt. 10 Briefe von H. MOHL an R. WAGNER im Nachlaß WAGNER.
100. Universitätsbibl. Giessen, Handschriftenabt. Brief von H. MOHL an K.E. v. BAER im Nachlaß v. BAER.
101. Germanisches Nationalmuseum Nürnberg. Brief von J. ROEPER an einen unbek. Kollegen.
102. Rijksuniversiteit Utrecht, Universiteitsmuseum. Nachlaß P. HARTING. Sign. 1582-90, Briefe von H. MOHL an P. HARTING.
103. Biblioteca Estense Modena. Carteggio AMICI, fasc. n. 734 (Korrespondenz AMICI - MOHL).

QUELLENTEXTE.

C. BRAUN: "Anatomie und Physiologie der Pflanzen". (96)

I. Von der allgemeinen Pflanzenanatomie

Die Pflanzensubstanz besteht aus einer Zusammensetzung von kleinen Bläschen u. Röhrchen, die Elementarorgane genannt werden, diese zerfallen in 3 Classen: 1.) in Zellen; 2.) in Spiralgefässe, u. 3.) in sogenannte eigene oder Lebenssaft-Gefässe.-

In den Zwischenräumen der Elementarorgane findet sich bei einigen Pflanzen eine ziemlich homogene Substanz, die Intercellularsubstanz.-

Das Zellsystem.

Die Hauptmasse der Pflanzen u. bei den unteren Ordnungen die ganze Substanz besteht aus kleinen vollkommen zugeschlossenen Blasen; die Vereinigung dieser Zellen heisst Zellgewebe. Die Grösse der Zellen ist sehr unterschiedlich, ihr Durchmesser wechselt von $\frac{1}{2000}'''$ bis zu $\frac{1}{23}'''$.

Als einfachste Form kann man die Kugelform betrachten, von dieser gibt es wieder einige Abwechslungen.

1.) Häufig ist der Längsdurchmesser bedeutend grösser, als der Breitedurchmesser, so dass sie ein Ellipsoid oder einen Cylinder darstellen.

2.) Seltener ist der Querdurchmesser grösser als der Längendurchmesser, alsdann erhalten sie die Tafelform. In allen Fällen, wo eine Zelle frei liegt, ist ihre

Wandung gewölbt. Ganz isolirte Zellen sind daher entweder kugelförmig oder ellipsoidisch. Im Innern der Pflanzen dagegen liegen die Zellen meist so eng gedrängt, daß sie sich gegenseitig in eckige Formen drücken. Ihre Formen sind theils von der Stärke des Drucks, theils von der Art der Grundform abhängig. Die geringste Abweichung von der Grundform zeigen die Zellen, 1.) die in eine einfache Reihe gestellt sind, so dass sie einander nur an den Endpunkten des Längendurchmessers berühren, sie stellen dann entweder abgeplattete Kugeln oder an ihrem Ende abgeschnittene Säulen dar; 2.) wenn sie seitlich untereinander verwachsen sind, u. eine Haut bilden, nehmen sie die Form von meist 6 eckigen Tafeln an. 3.) wenn kugelförmige Zellen sehr locker aufeinanderliegen, so daß jede Zelle ungefähr mit 12 anderen in Berührung ist. In diesen Fällen sind häufig die Berührungsflächen sehr klein u. zwischen ihnen bilden sich wieder 3 eckige Räume. Bedeutender wird die Abweichung von der Kugelform, wenn die Zellen eng aneinander gedrängt sind; in diesen Fällen erhalten sie von allen Seiten ebene Flächen, die durch abgerundete Kanten in einander übergehen.

Wenn die Zellen gleich groß, völlig kugelförmig, u. wenn ihr gegenseitiger Druck von allen Seiten gleich wäre, so würden die Zellen die Form von Rhombendodekaedern erhalten, da jedoch diese Bedingungen nie vollkommen eintreten, so bilden die Zellen meist ziemlich unregelmässige Vielecke, die auf ihrem Querschnitt meist 5-7 eckige Figuren zeigen. Hiebei kommen 2 Hauptabänderungen vor, entweder stehen die Zellen in senkrechten Reihen übereinander, so daß sie sowohl oben als unten von einer ebe-

nen horizontalen Fläche begrenzt sind, die parenchymatosen Zellen, oder sind immer die unteren u. die oberen Enden zwischen den Endigungen der anderen Zellen hineingeschoben, so daß sie durch den gegenseitigen Druck spindelförmig zugespitzt werden, diese heißen prosenchymatose Zellen.- in der Regel haben die parenchymat. Zellen eine rundliche Form u. sie sind in der Regel sehr lang u. besitzen dicke u. holzige Wandungen.

In den niedersten Pflanzen, den Pilzen, Flechten u. Algen kommen Zellen von sehr unregelmässiger Form vor, dieselben sind häufig verzweigt u. unregelmässig untereinander gedreht. Sie heißen die unregelmässigen Zellgewebe. Die verlängerten Zellen schließen in der Regel so eng aneinander, daß zwischen den Ecken kein freier Raum übrig bleibt. Die parenchym. Zellen aber sind in der Regel weniger eng gestellt, u. lassen zwischen ihren abgerundeten Ecken größere oder kleinere 3 eckige Räume frei; diese bilden ein durch die ganze Pflanze verzweigtes Netz von Canälen, welche Luft führen u. Intercellulargänge heißen. Die Verbindung der Zellen untereinander ist in der Regel so fest, daß sie durch mechanische Mittel nicht aufgehoben werden kann, nur bei sehr saftigen Pflanzen lassen sie sich zuweilen durch den Druck trennen, dagegen lassen sich bei allen Pflanzen die Zellen durch Kochen, durch Maceration, durch gefrieren, durch Salpetersäure, durch die Einwirkung von caust. Kali isoliren u. als getrennte Blasen darstellen. Es erhellt hieraus, daß jede Zelle ihre eigenen Wandungen besitzt, ein eigenes Organ ist, u. daß sie nicht nur durch Ausfällungen einer homogenen Substanz entstanden sind.-

Die Zellmembranen stellen den Stoff dar, den die Chemie Holzfaser nennt. Meist erscheinen jene unter der Form einer völlig undurchsichtigen gefärbten Membrane. Bei jungen Zellen ist sie sehr weich u. beinahe schleimig, bei manchen erreicht auch im höhern Alter die Zellmembrane keine Härte, sondern gleicht einem erhärteten Schleim. In einzelnen Fällen erhält sie eine beinahe steinerne oder knöcherne Härte, dieß rührt in der Regel daher, daß sich in der Zellmembran eine große Menge unorganischer Stoffe niederlegt. Im alten Holze nimmt in der Regel die Zellmembran eine dunklere Farbe an. Diese Färbung rührt von einem Pigment her, von dem sie durchdrungen ist, und das sich ausziehen lässt.

Die Zellmembran zeigt eine Vergrößerung in doppelter Beziehung.

1.) Wachstum der Breite nach. In den jüngeren Organen sind die Zellen immer kleiner, als in älteren. Dieses Wachstum setzt eine Aufnahme neuer Moleküle zwischen den schon vorhandenen voraus. 2.) Außerdem wächst die Zellmembran mit dem höhern Alter auch in die Dicke, dieses Wachstum geschieht hauptsächlich dadurch, daß sich auf der innern Seite der Zellhaut eine ganze Reihe neuer Schichten auf der Zellmembran ablagert, so daß nur alte Zelle aus mehreren u. ineinander geschachtelten Zellenmembranen besteht. Die älteste Membrane ist immer die äußerste. Diese Ablagerung secundärer Schichten kommt sowohl bei par- als prosench. Zellen [vor], besonders aber finden sie sich bei letzteren. Die primäre Zellmembran ist immer gleichförmig, u. enthält nie Öffnungen, die secundären Schichten aber besitzen meist grössere oder kleinere Öffnungen, so daß in der Substanz der dickwandigen Zellen Kanäle ausge-

höhlte sind, die von der Zellhöhle bis auf die äußeren Zellwandungen führen. Die Zellen, welche solche Kanäle enthalten, heißen getüpfelte oder poröse Zellen. Bei den nebeneinander liegenden Zellen liegen diese Kanäle immer genau einander gegenüber. Auf diese Weise wirken diese Kanäle für das Übertreten des Saftes von einer Zelle in die andere wie die Poren, indem er nicht die ganze Wandung der Zelle, sondern nur die primären Zellwandungen als Hindernis zu überwinden hat. Diese conus-ähnlichen Kanäle sind in Regel sehr enge, u. gleichen von der Fläche der Zellwandung aus gesehen nur kleinen Punkten. Höchst selten kommt es aber auch vor, daß diese Stellen sehr groß sind, u. so nahe aneinanderliegen, daß die secundären Zellmembranen, welche sie trennen, gar nicht mehr das Aussehen von Häuten besitzen, sondern ein Netz von schmalen Fasern darstellen. In andern Fällen zeigen diese Fasern nicht die Bildung eines verzweigten Netzes, sondern bilden die Form von Ringen, die im Querdurchmesser der Zellen liegen, oder welche spiralförmig an den Wandungen der Zellen aufsteigen. Wenn die Fasern, die auf der innern Seite der Zellen liegen, sehr fein u. zahlreich vorhanden sind, u. wenn die primäre Zellmembran sehr dünn ist, kann man leicht verleitet werden, letztere ganz zu übersehen, u. anzunehmen, es sei die Haut der Zellen ganz aus Fasern zusammengesetzt. In sehr vielen Fällen erweitern sich die Interzellulargänge so sehr, daß sie die Form von größeren oder kleineren mit Luft gefüllten Höhlchen annehmen; man kann diese Lufthöhlen in 3 verschiedene Arten eintheilen.

1.) Entweder erweitern sich alle Interzellulargänge so sehr, daß die Zellen nur mit einem kleinen

Theile ihrer Oberfläche zusammenstoßen, u. daß zwischen ihnen ein vielfach verzweigtes Netz von Kanälen verläuft, an einigen Stellen erweitern sich dieselben zu blasenförmigen Räumen. Diese Bildungen finden sich beinahe in allen Blättern, u. in allen Theilen, die mit Spaltöffnungen versehen sind. Unter jeder Spaltöffnung liegt eine Lufthöhle, in welche die Luft durch jene eindringen kann, sie heißen deshalb Athmungshöhlen. Von diesen aus kann die Luft in die Intercellulargaenge eintreten, u. so durch die ganze Pflanze fort verbreiten.

2.) Eine zweite Klasse von Lufthöhlen findet sich vorzüglich bei Wasserpflanzen u. besonders bei Monocotylen, Calla, Hippuris, Nymphaea, auch Canna. Diese Höhlen bilden regelmäßige Kanäle, die der Länge nach im Stängel u. im Blattstiel verlaufen, u. deren Wandungen von gewöhnlich parenchymatosen Zellen gebildet sind, häufig sind diese Lufthöhlen in solcher Menge vorhanden, daß die Zwischenwände zwischen ihnen nur in immer einfachen Lagen von Zellen bestehen. In der Regel finden sich in diesen Luftkanälchen Querscheidewände. Diese bestehen aus tafelförmigen Zellen, die sehr große Intercellulargaenge zwischen sich haben, wodurch sie die Form eines Sternes erhalten; diese Lufthöhlen stehen in Communication mit den Intercellulargaengen u. mit den Athmungshöhlen. Das Zellgewebe, welches solche Lufthöhlen enthält, heißt auch zusammengesetztes Zellgewebe, aber nicht bezeichnend.

3.) Eine weitere Art begreift die sogenannten Lücken unter sich. Diese besitzen keine regelmäßige Organisation, sondern entstehen durch zerreißen des Zellgewebes. In der Regel ist das Zellgewebe, in dem sol-

che Zerreißen vorkommen, schon abgestorben u. vertrocknet. Diese Lücken finden sich besonders im Centrum des Stengels bei Gräsern, Doldengewächsen, seltener sind sie in den Wurzeln, wie *Cicuta xirosa*, noch seltener in den Blättern, *Allium*.

Aehnlichkeit mit diesen Behältern haben die Behälter eigener Säfte. Bei vielen Pflanzen trifft man Höhlungen im Zellgewebe, die den Lufthöhlen gleichen, aber keine Luft sondern Säfte von verschiedener Art führen, die von den Zellen in diese Gänge hinein abgesondert werden. Solche Behälter kommen besonders in der Rinde u. im Marke baumartiger Gewächse vor, (bei den Tannen, Linden, Kirschbäumen, den Zamien, Mimosen), seltener finden sie sich in der Wurzel, (*Pencedanum officinale*). - Der Inhalt der Zellen.

Der Zellensaft.

Sämmtliche Zellen enthalten während ihres Lebens einen wäßrigen Saft. Dieser Saft ist in den vegetativen Theilen fast ohne Ausnahme farblos u. wasserhell, dieses findet ebensowohl in den grüngefärbten als in den farblosen Theilen statt. In allen roth oder blau gefärbten Theilen dagegen ist der Zellsaft selbst gefärbt, u. es hängt die Färbung der Zellen von der Farbe des Saftes, nicht der Zellwände ab. Eine solche rothe u. blaue Färbung kommt ausser der Blüte u. Frucht auch noch in einigen Zellen u. Zellparthien im Stengel u. den Blättern vor. Ein solcher gefärbter Saft findet sich vorzüglich im Stengel von Wasserpflanzen. Innen ist häufig die untere Fläche der Blätter, zuweilen auch bei Blattflächen, von einer rothen oder blauen Zellschichte

bedeckt. Endlich erzeugt sich während des Winters fast in allen perennirenden Pflanzen ein rothes Pigment. Wenn solche rothe u. blaue Zellen mit grünen gemischt sind, oder wenn eine Schichte rother Zellen über grünen Zellen liegt, so daß die grünen durchscheinen, so entsteht eine braune Färbung. Eine gelbe Färbung des Zellsaftes kommt bei den Vegetationstheilen sehr selten vor, dagegen ist bei der Blüte dasselbe häufiger. In einzelnen Theilen der Pflanzen vertrocknet häufig der Zellsaft mit dem Aelterwerden der Pflanze u. es tritt dann Luft an seine Stelle, in diesem Falle sind die Zellen vertrocknet zu nennen. Dies findet beim Mark der Bäume u. vieler krautartiger Gewächse, ferner bei den äusseren Rindenschichten der Dicotyledonenbäume statt, ferner bei dem Korke, endlich bei vielen Genren der Pflanzen. Unwichtig ist, daß die Zellen der Epidermis u. Blumenkrone Luft enthalten sollen.-

1.) Bei den meisten Zellen kommen neben dem Zellsaft in den Zellhöhlen auch einzelne feste Verbindungen vor, die sich aus jenen ausgeschieden haben. Unter ihnen sind die Amylumkörner die häufigsten, sie finden sich besonders in den parenchymatosen Zellen, weit seltener in den prosenchymatosen. In der größten Menge finden sie sich in den fleischigen angeschwollenen Theilen der Pflanzen, wo ein Nahrungsstoff niedergelegt ist, der später zur Entwicklung eines anderen Organs die Nahrung liefern soll. Solche Theile sind die Kartoffeln, die Knollen der Oxalisarten, die unterirdischen knollenartigen Stämme der Monocotyledonen, z.B. von Arum, ferner die Zwiebel, das Eiweiß u. die fleischigen Knollen der Samen, die verdickten Stämme mancher Monocotyledonen, der Cycadeen, Sagopalmen, u. weit

geringerer Menge das Holz der Docotyledonenstämme, besonders Winters in allen Blättern vom Chlorophyll umschlossen. Das Amylum stellt sich immer in der Form von kleinen, glasartigen, durchsichtigen Körnern dar. Ihre Form ist sehr verschieden. Sie bestehen aus vielen concentrirten dünnen Schichten, die um einen kleinen Kern herumliegen. Es scheint daher, sie wachsen allmählig durch successive Amylumniederschläge aus dem Zellsaft. Auf die Einwirkung von Mineralsäuren, kaustischem Alkali, u. heißem Wasser schwellen die Amylunkörner schnell auf, u. lösen sich alsdann, wobei jedoch die äußerste Schichte entweder ganz oder theilweise aufgelöst bleibt.

2.) Eine zweite ebenso feste Bildung im Innern der Zellen heißt nucleus. Häufig finden sich in der Zelle neben dem Amylum ungefärbte Kügelchen, die durch die Anwendung von Jod braun gefärbt werden. Ihre chemische Natur ist unbekannt. Wenn diese Kügelchen im Verhältniß zur Zelle groß sind, u. einzeln in denselben liegen, heißen sie nucleus.

3.) Das Chlorophyll. Beinahe allgemein verbreitet finden sich in den Pflanzzellen grüne Kügelchen, von denen die Pflanzenfarbe abhängt, die Chlorophyllkügelchen, diese finden sich mit wenigen Ausnahmen nur in den dem Lichte ausgesetzten u. nur den äußeren Theilen der Pflanze. Das Chlorophyll ist harzartiger Natur, löst sich in Alcohol, Äther, Fett u. äther. Oelen, nicht aber in Wasser auf. Die grünen Kügelchen, in denen es vorkommt, bildet nicht das Chlorophyll allein, sondern es umschließt sie nur. Wenn die grüne Farbe durch Alcohol ausgezogen wird, so bleiben die Kügelchen

farblos zurück, u. durch die Einwirkung des Jod zeigt sich, daß sie aus verschiedenen Massen bestehen, 1.) aus einer Masse, die das Jod braun färbt, u. 2.) aus Amylumkoernern. Die schleimige Masse, die mit dem Chlorophyll verbunden ist, kommt nicht bloß als Überzug der Amylumkörner vor, sondern bildet häufig unregelmäßige fadenförmige Massen im Zellsafte.

4.) Bei sehr viel Pflanzen, besonders Monocotyledonen, kommen in einzelnen Zellen kleine Krystalle unorganischer Substanzen vor. Die Zellen, in denen sie vorkommen, enthalten in der Regel weder Chlorophyll noch Amylum. Ihre Form ist verschieden, sehr häufig bilden sich kleine Krystalldrusen, sie bestehen größtenteils aus kohlensaurem Kalke, in anderen Fällen aus kleesaurem Kalke, wieder andere aus einem Doppelsalze von phosphorsaurem Kalke u. phosphors. Bittererde, vielleicht auch Kieselerde. Oft finden sich nadelförmige Krystalle, die mehr bündelförmig zusammenliegen. Decandolle, der sie für innere Haare hält, nennt sie Rafiden.

Entstehung der Pflanzenzellen.

Sprengel unternahm zuerst eine Erklärung der Entstehung der Pflanzenzellen. Er hielt die Amylum- u. Chlorophyllkörner für Rudimente der künftigen Zellen. Über die Umwandlung derselben stellte er eine doppelte Ansicht auf: 1.) er glaubte, die Zellen entstehen, indem die Körner sich allmählig zu Zellen ausdehnen u. dann verwachsen, andererseits glaubte er verschmelzen die Körner untereinander zur Bildung von Zellhäuten. Gegen das Entstehen der

Zellen aus den Körnern wendet Link mit Recht ein, daß man nie einen Übergang dieser Körner in Zellen finde, ferner dieses nicht einzusehen sey, wie diese Körner u. die aus ihnen entstandenen Zellen aus den Zellhöhlen hervortreten können. Dies wäre nur durch Zerplatzen der älteren Zellen, oder dadurch möglich, daß die ältern Zellen sich immer ausdehnen würden, beide Umstände aber würden nie beobachtet.- Kieser leitete die Entstehung der Zellen ebenfalls von Körnern ab, u. nicht von den in den ältern Zellen liegenden, sondern von den viel kleineren in den Milchsäften liegenden Körnchen. Von den Milchsäften glaubte er, daß sie in den Intercellulargaengen enthalten seyen. Diese Ansicht nun schien zwar zu erklären, wie die jungen Zellen neben den alten entstehen. Dies widerlegt sich daduuh:

1.) enthalten nur sehr wenige Pflanzen Milchsäfte, dann ist der Milchsaft nicht in den Intercellulargaengen, sondern in eigenen Gefäßen enthalten, u. endlich findet man nie einen so stattfindenden Übergang der Körner in Zellen.-

Eine 3^{te} Ansicht leitet die Zellen aus einem eigenen Bildungssafte her, des sogenannten Cambium. Mit diesem Wort bezeichnet man in der Regel eine gallerartige Flüssigkeit, die im Sommer zwischen der Rinde u. dem Holze der Bäume ausschwitzt. Dieses verwandelt sich in jedem Jahre in Holz- u. in Luftschichten. Die anatom. Untersuchung zeigte jedoch später, daß das Cambium keine eigentliche Flüssigkeit, sondern bereits organisirt ist, u. aus jugendlichen noch weichen Zellen besteht. Die Herleitung der Zellen aus diesem Cambium giebt daher keine Erklärung ihres ersten Entstehens. Ebenso wenig gelang es bis jetzt bei Beobachtung solcher Organe die im

Wachstum begriffen sind, die erste Entstehung der Zellen auszumitteln. Diese Beobachtungen lieferten aber das bestimmte Resultat, daß die Entstehung der Zellen nicht in allen Fällen nur dieselbe ist, sondern auf verschiedene Weise vor sich geht. Mirbel unterscheidet 3 Entstehungsarten: 1) der gewöhnliche Fall scheint zu seyn, daß sich die neuen Zellen zwischen den alten bilden; in diesen Fällen scheint der Entstehung der Zellen die Ausschwitzung einer gallertartigen Flüssigkeit vorauszu gehen, aus welcher sich die Zellen ausscheiden.

2) nimmt M. die Zellentwicklung auf der äußeren Seite der die Oberfläche eines Organs bildenden Zelle an, in diesem Falle sieht man aus den Wandungen der Zellen ein Bläschen hervorsprossen, das sich allmählig zur Zelle ausdehnt.- 3) Als dritte Art ist die Entstehung neuer Zellen in den Höhlungen alter anzusehen, in diesem Falle häuft sich der körnige Inhalt zu einem oder mehreren Klumpen an, welche im Zellinhalte schwimmen, u. es schlägt sich später um diese einzelnen Massen eine Haut nieder. Auf diese Weise entstehen innerhalb einer innern Zelle 1-4 neue Zellen, worauf dann in der Regel die Mutterzelle verschwindet. Dieser Vorgang findet bei der Bildung der Pollenkörner u. der Sporen der Cryptogamen statt.-

4.) Als 4^{te} Bildungsweise kommt eine Theilung der ältern Zellen in mehrere kleine vor. In diesem Falle vergrößert sich die Mutterzelle auf das doppelte ihrer ursprünglichen Größe, u. nun bildet sich auf derselben ein ringförmiger Vorsprung, welcher allmählig von der Peripherie gegen die Mitte hineinwächst. Auf diese Weise zerfällt die ursprüngliche

Zellenhöhle in zwei völlig abgeschlossene Räume, u. nun wächst jede oder nur eine der entstandenen Zellen zu ihrer doppelten Größe, u. theilt sich aufs Neue; Dieser Vorgang findet sich sehr häufig beim Schimmel, bei Conferven, ob er bei höheren Pflanzen vorkommt, ist noch ungewiß.-

Algenbeobachtungen. 1834/35

Obs.3. Conf. racemosa

Aar an Steinen. März 1834.

Fig. 1. Ein Gelenk 1 Stammes. Es ist deutlich 1 äussere nicht gegliederte Membran (a), welche die ganze Pflanze umhüllt, u. in der die Schläuche (b) reihenweise liegen. Die Schläuche sind an den Enden etwas eingezogen, daher hier ringförmige Intracellulargänge (c).

An der Spitze der Äste (fig. 2) bilden sich die Zweige auf die Weise, dass die Schläuche an ihrem obern Ende 1 seitliche Anschwellung (b) bekommen, die immer grösser wird, u. zuletzt sich durch eine Scheidewand (a) abschliessen, während im Anfange deutlich freie Communication ist.

Obs. 10. Conferva zonata

...

Zwischen den Confervenfäden schwimmen 1 Menge kleiner, grüner Infusionsthierchen lebhaft herum, welche den Brutkörnern äusserst ähnlich sehen, aber keine sind, denn wenn m. 1 Zelle zerdrückt, welche gros-

se Brutkörner enthält, so zeigt sich, dass diese nicht rund sind, wie die Infusionsthier, sondern 1 gegen die Mitte der Zelle gerichteten durchsichtigen Anhang besitzen, d.h. bereits zu keimen anfangen (fig. 6), zum Theil bestehen dieselben schon aus 2 Zellen.

Fig. 5. weiter entwickelte frei schwimmende Sporen.

Obs. 13. Oscillatoria ?

...

An der Spitze ist die äusserste Zelle (fig.1.a. fig.2.c.) halb durchsichtig, bräunlich rosenroth, länger, als die übrigen Glieder; wenn sie lang sind, (fig. 1.a), so bilden sich auf der hintern Seite derselben sehr zarte ringförmige Linien, die sich in Glieder ausbilden. Die ausgebildeten Glieder (fig.1.2) sind anfangs noch rosenkranzförmig, gehen aber bald in cylinderische Form über; füllen sich mit sehr kln Körnern, haben 1 bräunliche, oder bei manchen, wie es scheint rasch wachsenden Zweigen 1 grünliche Färbung.

Obs. 16. Conferva zonata ?

In der Aar unterhalb der Sägmühle, hellgrüne, angewachsene, flockige Massen bildend, ziemlich schleimig.

Fäden lang, einfach, kurzgegliedert, mit formloser grüner Masse u. einzelnen Körnern gefüllt. In den ältern Fäden sammelt sich die Masse in runde Kugeln, welche aus den zerrissenen Zellen, wie es scheint

austreten.

Sieht der Conf. zonata sehr ähnlich, ist aber weit dünner, u. die Glieder meistens ganz mit grüner Masse gefüllt, u. die grüne Masse sammelt sich in 1 grössere Kugel.

Obs. 68. Melosira varians K. (vrgl. Obs. 73)
(Würde stimmen, wenn es nicht zu dick wäre.)

Reichenbach u. Sulgenbach an Conferven. März. April.

Cylindrische, sehr brüchige Fäden. Haut brüchig, durchsichtig, wie bei den Diatomeen.

Scheidewände glatt, nicht gestreift. An den Scheidewänden a ist die äussere Haut eingezogen, u. an den Stellen trennen sich die Fäden leicht; meist ist zwischen 2 solchen Scheidewänden 1 andere (b) mit nicht eingezogenem Umfange, durch welche die Fäden in Glieder getheilt sind, welche etwas länger als breit sind. Zwischen diesen sieht man bei Fäden, die von Körnern halb oder ganz leer sind fig. b. sehr zarte Scheidewände (c), durch welche jedes Glied in 2 getheilt wird. Auf diese Weise scheint sich nach Art der Diatomeen die Anzahl der Glieder immer fort zu vermehren.

Inhalt braungelbe Körner, bald den ganzen Raum gleichförmig erfüllend, bald unregelmässig vertheilt (fig. b.). Keine Bewegung.

Briefe von H. MOHL an R. WAGNER (99).

Verehrtester Herr College!

...

Auf Ihre Fragen, wegen des nähern Vorganges der vegetab. Befruchtung, bin ich leider noch nicht im Stande zu antworten. Meine Arbeit über den Pollen soll ein Vorläufer für die Untersuchung dieses Gegenstandes sein, leider hatte ich aber in den letzten Jahren nicht Zeit, mich viel mit diesem Gegenstande zu beschäftigen. Dass die Fovilla des Pollenkornes zum Ovulum geführt wird, scheint mir das wahrscheinlichste, ob immer, wie Amici will, durch Verlängern der Pollenröhren bis zum Ovulum, oder durch Hülfe des leitenden Zellgewebes, hierüber bin ich noch nicht sicher. Es ist dieser Punct ausserordentlich schwer sicher zu ermitteln. Bis jetzt sah ich vor der Befruchtung noch nie eine Spur des künftigen Embryo. Seine erste Entstehung ist mir noch ein ganz dunkler Punct, und die darüber geäußerten Ansichten scheinen mir im Widerspruche mit den übrigen Lebenserscheinungen der Pflanze zu stehen. Dass er bei den Phanerogamen anfänglich durch sein Wurzelende mit den Eihäuten in enger Verbindung steht, gleichsam wie eine Knospe, scheint ausgemacht. Allein wie kann sich bei dieser Verwachsung eine Wurzel bilden! Dass an irgend einer Stelle einer Pflanze, an welcher eine (künstliche oder natürliche) Trennung ihres Gewebes vor sich gegangen ist, ein weiteres Wachsthum stattfindet, davon ist mir kein (oder vielleicht nur ein) Beispiel bekannt; ich muss daher der Pflanze ein ähnliches Reproductionsvermögen, wie es das Thier besitzt, die Fähigkeit neuen organ. Stoff an eine Stelle, die verletzt wurde, abzusetzen, durchaus abläugnen. Wie kann sich nun die Achse des Embryo,

wenn sich derselbe von seinem Insertionspuncte los-trennte, nach unten als Radicula verlängern? Diese, wie viele andere Fragen der Art, lassen sich gewiss durch Beobachtung ermitteln, und im nächsten Sommer, wenn ich irgend Zeit erhalten kann, will ich versuchen, hierüber etwas Näheres zu beobachten. Die Pflanzenphysiologie ist gegen die thierische Physiol. noch gar weit zurück; immer versucht man, die Vorgänge des thier. Organismus auf die Vegetabilien zu übertragen. Es ist natürlich, dass man einen vergleichenden Blick auf die Thiere wirft, bis jetzt suchte man aber leider eine viel zu nahe Analogie, u. so musste sich die arme Pflanze gefallen lassen, dass man ihr alle möglichen Vorgänge des Thier. Organismus aufdrang. In diesen Fehler scheint mir auch Treviranus in seiner Pflanzenphysiologie in hohem Grade verfallen zu sein, und deshalb manche Functionen, wie die der Respiration, ganz falsch aufgefasst zu haben. Wie sehr ich es bedaure, dass hier kein tüchtiger Physiologe ist, kann ich nicht genug ausdrücken. Rapp ist sehr kenntnissreich, allein ein durchaus unphilosophischer Kopf, der nur am Einzelnen hängt. Wie gerne würde ich mich öfter mit einem Mann, der thier. Physiologie zu seinem Hauptstudium macht besprechen! Brütet man immer allein über seinen Ansichten, so müssen sie einseitig werden, man legt auf einzelne Umstände einen grösseren Werth, als ein anderer, und verknöchert in dem einmahl gefassten Vorurtheil.

Mit der Bitte, mir wegen des Microscopes weitere Aufträge zu ertheilen, deren Besorgung ich mit Vergnügen übernehmen werde, und mit dem Wunsche, das beginnende Jahr möge für Sie ein glückliches sein

empfiehlt sich hochachtungsvoll

Ihr ergebener

Hugo Mohl

Tübingen, d. 15ten Januar 1836.

Verehrtester Herr College!

Ich ergreife die Feder mit nicht geringer Beschämung, denn meine früheren negativen Antworten waren allerdings keine freundlichen. Dass es nicht Trägheit war, welche mich abgehalten hatte, das versprochene Manuscript zu liefern, wird das Folgende zeigen. Ich hatte mich sogleich nach Ihrer Aufforderung hingestellt u. einen Abriss der Pflanzenphysiologie geschrieben. Es waren aber hauptsächlich zwei Umstände, welche mich mit dem Manuscripte nicht zufrieden sein liessen. Erstens lag die Lehre von der Entstehung der Zelle meiner Ansicht nach gänzlich im Argen. Die Ansicht v. Schleiden musste ich (wenige Fälle ausgenommen) für falsch erkennen u. ich hoffte, in verhältnissmässig kurzer Zeit durch eigene Beobachtungen einen guten Schritt weiter zu kommen. Allein die Schwierigkeiten häuften sich mit den Untersuchungen. Ich fand zwar die Membran, die ich Primordialschlauch nannte u. ihr Verhältniss zur Zellwandung, allein nun kamen die Einwendungen, welche Mulder u. Harting von chem. Seite machten u. welche mich wieder zwangen, die Untersuchungen von neuem vorzunehmen. Der zweite missliche Punct betraf die Lehre von der Zeugung. Ich konnte Schleidens Angaben nicht bestätigen, umgekehrt aber

auch nicht das Gegentheil sicher nachweisen, bis mich Amici bewog, die Orchideen zu untersuchen. So giengen im Zweifel Jahre hin u. ich wurde immer ängstlicher, etwas drucken zu lassen, u. namentlich nahm meine Scheu zu, ein allgemeines Werk zu schreiben, da mir die Basis, auf welche die Grundlehren zu bauen waren, so unsicher schien. Es wird Ihnen auf diese Weise mein Schweigen u. meine Zurückhaltung, indem ich immer hoffte, entgegenstehende Hindernisse überwinden zu können, psychologisch erklärbar sein, wenn es auch nicht in Ordnung war, mich nicht offen gegen Sie hierüber auszusprechen. Die letzten Jahre waren für mich traurige. Zu dem Verluste meiner nächsten Angehörigen kam eine Affection meiner Brust, die mich nöthigte, beinahe ein Jahr lang nach Italien zu gehen, von wo ich im Frühjahr 1848 zurückkehrte. Wie wenig die Zeit von da an für uns Süddeutsche einem ruhigen Arbeiten günstig war, wissen Sie.

Was nun Ihren neuen Vorschlag wegen des Articels der vegetab. Zelle betrifft, so nehme ich ihn in der Ueberzeugung, mein Versprechen halten zu können, an. Es ist eine Arbeit über die Zelle zwar meiner Ansicht nach nicht synonym mit einer über das Leben der ganzen Pflanze, wie es die neueren Phytophysiologen beinahe alle annehmen, indem diese ganz vergessen, dass eine Pflanze kein todttes Agglomerat von Zellen ist, sondern aus Organen besteht, welche ein gemeinschaftliches Leben führen u. eine bestimmte Beziehung zu einander haben, allein es lässt sich eine solche Arbeit im gegenwärtigen Augenblicke eher durchführen, als eine gesammte Physiologie. Leicht ist sie aber, weiss Gott! nicht. Denken Sie nur an die Fragen der

Endosmose etc. etc. Abbildungen, die zum Aufsätze brauchbar sind, werde ich unter meinen nicht publicirten ziemlich viele haben, einzelne muss ich aber erst zeichnen. Die meisten werden sich für den Holzschnitt eignen, vielleicht wird aber für solche, wo der Gegenstand keine festen Conturen zeigt, eine besondere Tafel nöthig. Ich werde mich sogleich an die Arbeit machen u. hoffe Ihnen durch die That diessmahl zu beweisen, dass ich fertig werden kann.

Hochachtungsvoll

Ihr ergebener

Hugo Mohl

Tübingen, d. 9ten Dec. 1849.

Verehrtester Herr College!

Damit Sie nicht glauben ich lasse Sie, nachdem Ostern herangekommen ist, wieder vergeblich auf das Manuscript warten, will ich Sie nur kurz benachrichtigen, wie es steht. Druckfertig ist der anatomische Theil, u. vom physiologischen der, welcher sich auf die Ernährung bezieht, geschrieben aber noch einmahl durchzugehen die Fortpflanzung der Cryptogamen, so dass nur der verhältnissmässig sehr einfache Process der Befruchtung der Phanerogamen übrig bleibt, der in wenigen Tagen fertig sein wird. Wären die Abbildungen nicht, so hätten Sie das Ganze in etwa 8 Tagen; wegen dieser bitte ich Sie aber noch um ein paar Wochen Geduld. Ich bin nun freilich im physiolog. Thei-

le ziemlich über die "Zelle" hinausgegangen u. habe die ganze Pflanze ins Auge gefasst, das lässt sich aber nicht anders machen. Schleiden wird mit meiner Arbeit schlecht zufrieden sein, denn ein besonderes Lob konnte ich ihm an vielen Stellen nicht singen. Er ist übel daran gegenwärtig eine neue Ausgabe seines Buches herausgeben zu müssen; seine Befruchtungslehre ist was die Phanerogamen anbetrifft, ein für allemahl falsch u. in Beziehung auf die Cryptogamen kommen mehr u. mehr so wunderbare Vorgänge zum Vorschein, dass sein ganzes System über Geschlechtspflanzen u. geschlechtslose kläglich über den Haufen fällt. Wer hätte sich aber auch träumen lassen können, dass die Befruchtung an dem keimenden Pflänzchen stattfindet u. bei der erwachsenen Pflanze fehlt?

Ihr ergebener

Hugo Mohl

Tübingen, d. 14ten April 1850.

Briefe von H. MOHL an J. ROEPER (95)

Mein lieber Freund!

Bern, 30.3.1834

...

Gegenwärtig untersuche ich eifrig die Conferven, die ich hier zusammentreiben kann. Leider fehlt es mir an aller Literatur, ich habe nichts als Vaucher, den unbrauchbaren Girod-Chautraus, Agardhs System u. Species etc; Lyngbye ist nicht hier, ich habe zwar in Desfontaines Auction auf ihn schlagen lassen, weiss aber nicht, ob ich ihn bekomme. Ist Ihnen nicht bekannt, ob die Übersetzung von Dillwyn von Weber u. Mohr vollständig ist, oder nicht, ich sah sie noch nicht. Ich kann nun bei diesen Umständen nichts thun, als die Sachen zeichnen u. beschreiben, u. muss auf günstigere Gelegenheit warten, sie zu bestimmen; denn mit den Beschreibungen allein komme ich nicht zurecht, besonders da die Gattungss caractere von Agardh merkwürdig schlecht sind, u. man oft gar nicht weiss, unter welcher Gattung man eine Pflanze suchen soll, besonders bei den mit Oscillatoria, Bangia etc. verwandten Sachen. In Hinsicht auf die Entwicklung des Zellgewebes sind Untersuchungen der Conferven gewiss von grossem Werthe. Dass bei einigen sich z.B. neue Zellen durch Abschnürung eines Theils der alten Zellen, und Bildung einer Scheidewand entwickeln, habe ich mit Bestimmtheit gesehen.

Ihre Widerlegung Agardhs habe ich erhalten, und danke Ihnen verbindlichst für die Mittheilung. Wenn der Mann nur etwas weniger einen schiefen, confusen Kopf hätte, so müsste er sich dadurch überzeugen

lassen; ich habe aber ein so schlechtes Zutrauen zu seinem gesunden Menschenverstande, dass ich beinahe am Erfolg zweifeln möchte. In eigentliche Verlegenheit haben Sie mich aber gebracht, dass Sie mich, einen solchen homunculum ignorantissimum mit Leuten wie Brown, Decandolle etc. als Gewährsmann anführten; ich passe weiss der Himmel nicht in so gute Gesellschaft.

...

Bern, 8.5.1834

Mein lieber Freund!

...

Die Ferien über habe ich Süsswasserconferven untersucht, bin aber über manches noch ganz confus. Über die Bildung des Zellgewebes hat es mir manchen Aufschluss gegeben; z.B. fand ich auf das Bestimmteste, dass sich bei vielen die Zellen auf die Weise vermehren, dass sich 1 Einschnürung bildet, die zu 1 Scheidewand auswächst, u. so die Zelle in 2 Zellen theilt etc. Auch machte ich manche Beobachtungen an Bichatia von Turpin, u. einige andre, welche sehr für die Ansichten von Turpin über die Globuline sprechen. Wie weit aufwärts im Pflanzenreiche aber eine solche Entstehung von Zellen vorkommt, hierüber möchte ich (die Entstehung des Pollen angenommen) mich noch nicht aussprechen. Dass eine Eiche aus einem Chlorophyllkern entsteht u. entstehen kann, diess zu glauben, ist mein Schädel zu dick.

...

Brief H. MOHL an Karl Ernst v. BAER (100).

...

Sie waren so gefällig in Ihrem Schreiben meiner Widerlegung der Schleidenschen Befruchtungslehre zu erwähnen. Ich kann mir hierin kein Verdienst zuschreiben, denn ich habe nur bestätigt, was Amici ebenso vollständig schon gesehen hatte. Amici hatte mir auch im Bewusstsein, dass er Recht hatte, vorher geschrieben, er werde Schleiden nicht antworten, seine Beobachtungen seien genau und er sei sicher, dass früher oder später ein anderer dieselben bestätigen werde. Zufälligerweise war ich selbst dieser Andere und es freut mich, abgesehen von der Sache selbst, die mich lange gequält hatte, dass ich Amici diesen Dienst erweisen konnte. Er war der liebenswürdigste Mensch, der mir vorgekommen ist und der gefälligste, aufopferndste Freund, den man haben konnte. Die Nachricht von seinem Tode war mir daher äusserst schmerzlich.

Genehmigen Sie die Versicherung der ausgezeichnetsten
Hochachtung

Ihres ergebensten

Hugo Mohl

Tübingen, d. 14ten Oct. 1864

Zu Abb. I. (vorhergehende Seite):

Anthoceros laevis, unpubliziertes Manuskript von 1828 im Nachlaß (95). In den meisten Zellen ist der Zellkern abgebildet. In Figur 6 und 7 sieht man die Bildung der Sporen in den Mutterzellen. Figur 9 und 10 zeigen die fertigen Sporentetraden, bei 9 noch von der Wand der Mutterzelle umschlossen. Figur 10 a und c stellen einzelne Sporen nach dem Zerfall der Tetrade dar und zeigen die beginnende Keimung.



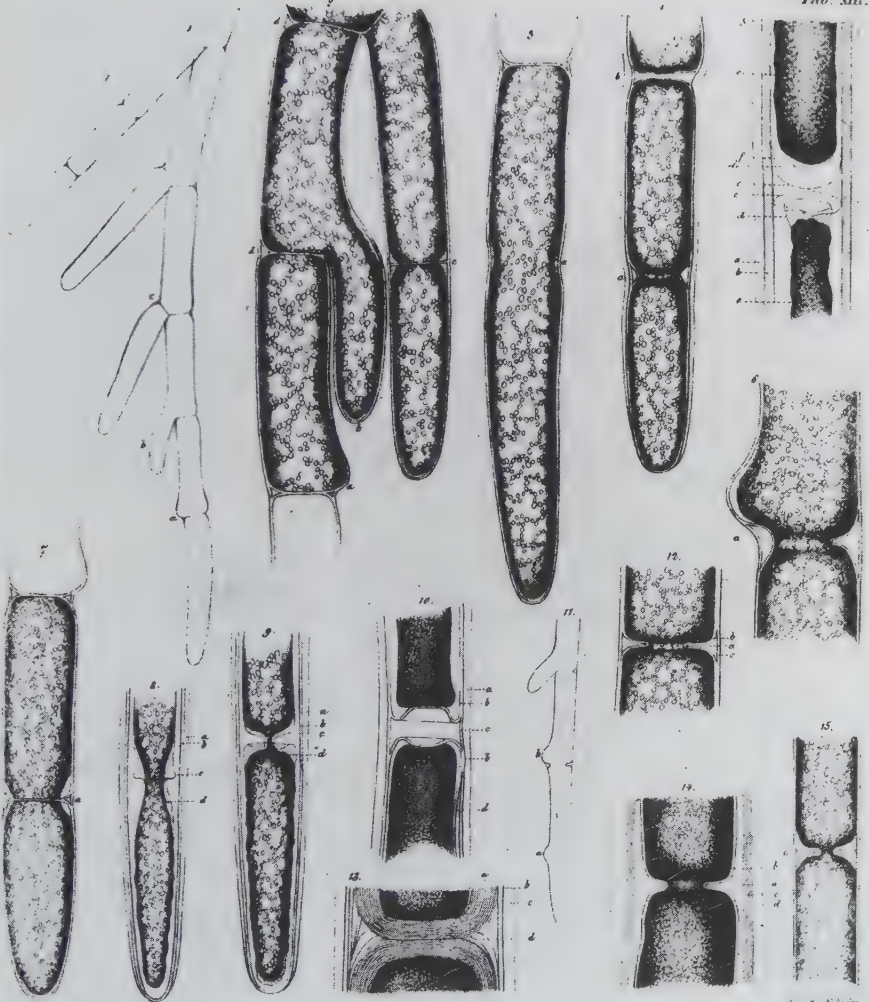
Abb. II. (oben)

Oscillatoria, Herkunft wie Abb. I. Figur i und a zeigen das Austreten des "schleimigen" Inhaltes aus zerquetschten Zellen. In Figur h, l sieht man die Teilung der apikalen Zelle.



Abb. III. (links)

Melosira varians, Nr. 68 der unveröffentlichten Algenbeobachtungen von 1834/35 in (95). Figur b zeigt die bei der Teilung auftretenden queren Scheidewände. In den Zellen Chloroplasten.



Chyso. 1857. 214

Chyso. 1857. 214

Abb. IV.

Zellteilung bei *Conferva* (*Chladophora*) *glomerata*.
Verbesserte Abbildung aus (6) 1845. In den Figuren
5, 8 und 9 erkennt man den "Primordialschlauch".
Die Figuren 12, 14 und 15 zeigen die irisblenden-
artige Einschnürung bei der Teilung.

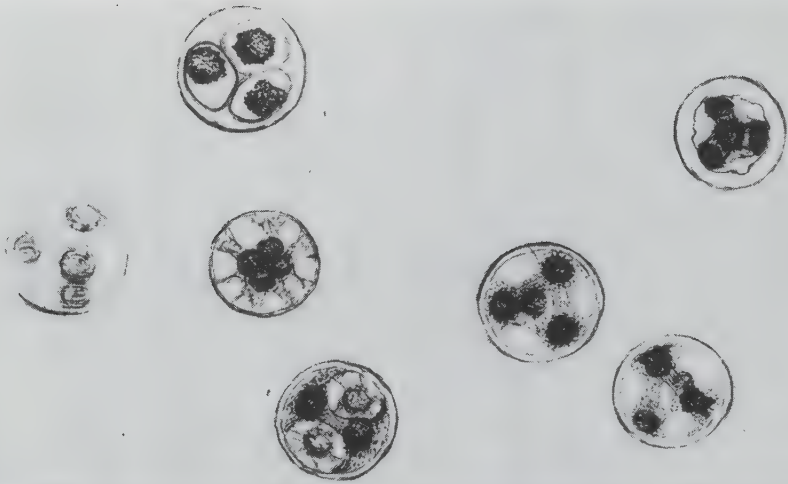


Abb. V.

Teilung der Sporenmutterzellen von *Anthoceros laevis*, aus (95). Die Zeichnung diente als Druckvorlage für die entsprechende Abhandlung von 1839. Vgl. Anm. 130.



Abb. VI.

Mitotische Teilung einer Staubfadenhaarzelle von *Tradescantia virginica*, aus (95), undatiert.

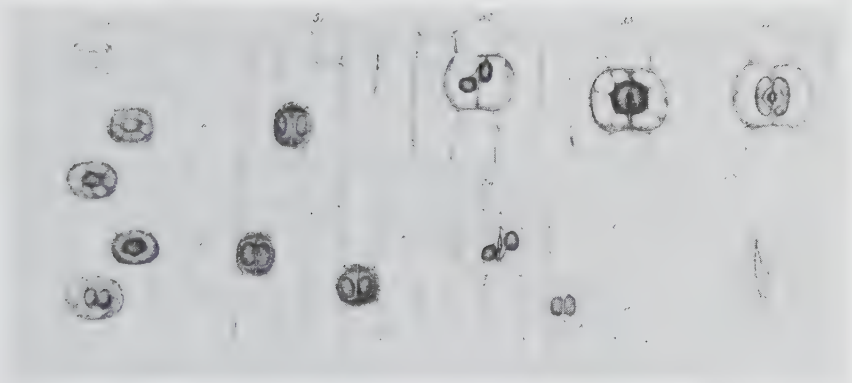


Abb. VII.

Zellteilung mit Darstellung der Kernteilung bei der Entstehung der Spaltöffnungen. Aus (6).

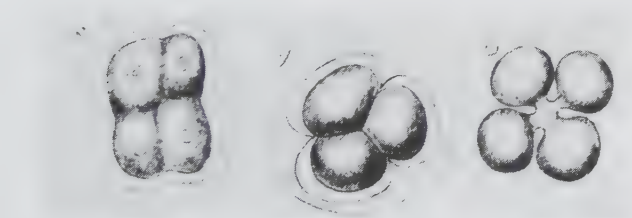


Abb. VIII. (links)

Protoplasma mit Vakuolen und Kerne mit Nukleoli in Staubfadenhaarzellen von *Tradescantia Sellowii*. Druckvorlage für (8).

Abb. IX. (oben)

Isolierung des in Alkohol fixierten protoplasmatischen Inhaltes einer Pollenmutterzelle von *Althea rosea* in verschiedenen Stadien der Teilung. Druckvorlage für (8).

Lebenslauf

Ich wurde als Sohn des Arztes Dr.med. Johannes-Werner Müller und seiner Ehefrau Anna, geborene Hofmann, am 15.10.1950 in Wetzlar geboren.

Nach der Übersiedlung nach Giessen besuchte ich dort von 1957 bis 1961 die Grundschule und trat danach zum altsprachlichen Landgraf-Ludwigs-Gymnasium über, wo ich im Sommer 1969 das Reifezeugnis erhielt.

Im Herbst 1969 immatrikulierte ich mich an der Ludwig-Maximilians Universität in München für das Fach Chemie. Dieses Studium habe ich 1976 mit dem Diplom abgeschlossen.

Im Anschluß daran habe ich von 1977 bis 1983 ebenfalls an der Universität München Humanmedizin studiert und das Staatsexamen in diesem Fach abgelegt. Von 1977 bis 1981 war ich gleichzeitig als wissenschaftlicher Assistent am Institut für die Geschichte der Naturwissenschaften des Deutschen Museums tätig.

